

L'ONDE ÉLECTRIQUE

PUBLICATION
DE LA
SOCIÉTÉ DES AMIS
DE LA

T.S.F.



SOMMAIRE

E. ROTHÉ

**SUR LA RADIOGONIOMÉTRIE DES PARASITES
ATMOSPHÉRIQUES ET LA PRÉVISION DU TEMPS**

A. DUFOUR

**OSCILLOGRAPHE CATHODIQUE POUR L'ÉTUDE
DES BASSES, MOYENNES & HAUTES FRÉQUENCES**

LÉON DELOY

**Une visite à quelques postes d'amateurs anglais, écossais,
hollandais, belges et à PCGG**

**Analyses et Bibliographie. — Montages et tours de main.
Correspondance et avis**

Etienne CHIRON, Éditeur

VIENT DE PARAÎTRE

A. CLAVIER

Ingénieur diplômé de l'École Supérieure d'Électricité

LES ONDES COURTES

ÉMISSION - RÉCEPTION

**DESCRIPTION — CONSTRUCTION
INSTALLATION DES APPAREILS**

Prix : 4 francs

chez tous les libraires ou contre mandat de 4,50 adressé à l'éditeur.

Étienne CHIRON, éditeur, 40, rue de Seine, Paris (VI^e)

VIENT DE PARAÎTRE

LA RÉCEPTION

PAR

TÉLÉPHONIE SANS FIL

DES

**Prévisions Météorologiques
et des RADIO-CONCERTS**

INSTRUCTION PRATIQUE

RÉDIGÉE PAR

L'OFFICE NATIONAL MÉTÉOROLOGIQUE

SUR

La Construction et le Montage des Appareils à galène

Cette Brochure claire et pratique est par excellence le livre du débutant. — Prix : 2 francs.

Étienne CHIRON, éditeur, 40, rue de Seine, PARIS

L'ONDE ÉLECTRIQUE

REVUE MENSUELLE

PUBLIÉE PAR

LES AMIS DE LA T. S. F.

COMITÉ DE PATRONAGE

MM.

Georges LEMOINE, président de l'Académie des Sciences.

L.-E. BERTIN, vice-président de l'Académie des Sciences.

Alfred LACROIX, secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences.

Emile PICARD, secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences.

Henri DESLANDRES, ancien président de l'Académie des Sciences.

BIOT-GARNIER, président de l'Union des Horlogers de France.

Henri BOUSQUET, président du Conseil d'administration de la Compagnie Générale de Télégraphie sans Fil.

Gabriel CORDIER, président de l'Union des Industries métallurgiques et minières.

J. DAL PIAZ, président du Conseil d'administration de la Compagnie Générale Transatlantique.

MM.

S. DERVILLE, président du Syndicat des Chemins de fer de Ceinture de Paris.

Charles FERRAND, président de la Chambre syndicale des Constructeurs de Navires.

Hubert GIRAUD, administrateur-délégué de la Société Générale de Transports Maritimes à Vapeur.

Société des Ingénieurs Coloniaux.

J. LE CESNE, président de l'Union Coloniale française.

Raynald LEGOUÉZ, président de l'Union des Syndicats de l'Electricité.

A. MESSIMY, ancien ministre.

Denis PÉROUSE, président du Syndicat des Armateurs de France.

J.-B. POMEY, ingénieur en chef des Postes et Télégraphes.

ÉTIENNE CHIRON, ÉDITEUR

40. RUE DE SEINE

PARIS

L'ONDE ÉLECTRIQUE

Revue mensuelle publiée par les Amis de la T. S. F.

ABONNEMENT D'UN AN	Étienne CHIRON ÉDITEUR	PRIX
France 30 fr.	40, RUE DE SEINE, PARIS	DU NUMÉRO : 3 francs
Étranger 35 fr.	CHÈQUES POSTAUX: PARIS 53-35	

Pour les correspondances prière de se conformer aux indications ci-dessous :

Correspondance d'intérêt général et demandes d'admission	Correspondance concernant la rédaction de l'Onde Électrique et questions techniques :	Paiement des cotisations et envois de fonds :
M. le Colonel CORNU Secrétaire général des Amis de la T. S. F. 102 bis, rue Didot, PARIS (14 ^e)	M. CLAVIER, secrétaire de la rédaction 40, rue de Seine, PARIS (6 ^e)	M. ATTHALIN, trésorier 3, rue d'Antin Paris

Au moment où notre revue entre dans sa deuxième année, il ne nous a pas paru inutile de jeter un coup d'œil sur le chemin parcouru et d'indiquer à nos lecteurs nos intentions pour l'année nouvelle.

Qu'on nous permette d'abord de rappeler ici les buts que se sont proposés ses fondateurs : contribuer, en dehors de toute préoccupation commerciale, à l'avancement de la Radiotélégraphie théorique et appliquée, ainsi qu'à celui des sciences et industries qui s'y rattachent; grouper amicalement tous ceux qui s'intéressent à cette science nouvelle, pour continuer en temps de paix la solidarité scientifique qui s'est manifestée si solidement durant la guerre; propager par tous les moyens l'usage de ces nouveaux procédés de communication entre les hommes, si riches de possibilités de toutes sortes.

Nous nous sommes efforcés en 1922 de réaliser ce programme; nos réunions, très suivies, ont comporté des communications d'un puissant intérêt; notre revue a su, à côté d'articles où savants et ingénieurs sont venus exposer les résultats de leurs recherches, offrir une large hospitalité aux amateurs, et accueillir leurs suggestions et les trouvailles de leur ingéniosité; nous avons enfin aidé le plus activement possible à l'organisation et la réussite des événements T. S. F. de l'année : exposition des petits constructeurs au Champ de Mars, concours de communications transatlantiques.

La Société des Amis de la T. S. F. se propose de continuer en 1923 à réunir ses membres chaque mois, en des séances où alterneront les communications scientifiques et les discussions sur les applications pratiques, l'usage et l'amélioration des appareils. Chacun pourra venir y apporter le résultat de ses expériences, si modestes soient-elles, pour le plus grand bien de tous.

Préoccupée d'amener ceux qui manqueraient d'une préparation suffisante et désireraient l'acquérir, à la compréhension de la Radiotélégraphie, la Société des Amis de la T. S. F. projette d'instituer un cours public, où sous la direction de professeurs autorisés, chacun pourra trouver l'initiation nécessaire.

Dans l'intention de favoriser les recherches expérimentales, des concours seront organisés, destinés à récompenser les inventions pratiques, les tours de main, qui paraîtront vraiment remarquables au double point de vue de l'ingéniosité et de l'utilité.

Sous le nom de Comité des Essais transatlantiques se sont réunis, sur l'initiative de notre Société, des représentants de toutes les Sociétés d'amateurs françaises. Les résultats des essais ont été des plus brillants. 1923 verra certainement s'organiser de nouveaux concours, essais à travers l'Europe, essais de jour sur ondes courtes, dont nous pouvons attendre de curieux enseignements, et qui intéresseront, croyons-nous, les amateurs comme les savants.

Ainsi comptons-nous donner satisfaction à tous ceux qui nous suivent, et serions-nous heureux d'être utiles à tous ceux qui se passionnent, à titres divers, à l'avancement de la science, depuis le lycéen qui travaille pour mériter, comme étrennes, le poste à lampes dont il rêve, jusqu'au chercheur qui tend patiemment ses efforts vers la conquête de la vérité scientifique et de ses applications.

LA RÉDACTION

SUR LA RADIOGONIOMÉTRIE DES PARASITES ATMOSPHÉRIQUES ET LA PRÉVISION DU TEMPS

Par E. ROTHÉ

Directeur de l'Institut de physique du Globe de Strasbourg

I. — Introduction.

Dès leur apparition, les détecteurs de la télégraphie sans fil furent utilisés à l'étude des orages. La plupart du temps, en effet, les décharges orageuses produisent des ondes hertziennes; mais, si l'on peut assimiler une décharge éclatant entre deux nuages ou couches humides à l'étincelle d'un oscillateur Hertzien, on conçoit immédiatement que la décharge se produisant dans un espace très résistant, la surface de rayonnement des conducteurs chargés étant très grande, on se trouve en présence d'un oscillateur très amorti et l'on doit à priori s'attendre à des amortissements importants, rendant difficiles les phénomènes de résonance.

Dès 1895 et 1896, A. S. Popoff réalisait précisément pour l'étude des orages des dispositifs de réception où il utilisait le cohéreur. Il fut bientôt suivi par T. Tommasina et J. Fenyi : c'est à ce dernier qu'on doit la substitution aux contacts mal définis entre grains de limaille des contacts entre aiguilles à coudre placées en croix.

En France, c'est à M. A. Turpain que l'on doit les premières recherches sur l'utilisation des antennes et les dispositifs de télégraphie sans fil pour l'étude des orages.

Au cohéreur fut substitué le détecteur électrolytique, puis les détecteurs à contacts solides (Jegou, Turpain, Flajolet). Dans la plupart des installations, on s'est efforcé d'obtenir l'inscription des phénomènes par l'utilisation, soit d'un relais actionnant un chronographe, soit d'un galvanomètre dont les déviations sont inscrites par la méthode photographique.

Afin d'éviter les inconvénients de l'inscription photographique, M. Turpain a établi un microampèremètre enregistreur : le courant à enregistrer passe dans un cadre mobile placé dans le champ magnétique d'un puissant électroaimant.

Il y a également lieu de rappeler l'usage des dispositifs bolométriques, ainsi que l'emploi qui a été fait par l'auteur de cet article du

thermogalvanomètre de Duddel. Cet appareil permet de faire immédiatement une mesure relative de l'intensité des décharges ⁽¹⁾.

Toutes ces observations préliminaires faites au moyen d'antennes, avaient déjà donné des résultats intéressants pour les phénomènes relativement proches. Grâce aux dispositifs dont le principe a été rappelé ci-dessus on pouvait, tant par l'intensité que par la fréquence des décharges observées, prévoir l'approche d'orages. Mais on n'avait aucune donnée certaine sur la direction ou sur la trajectoire de la perturbation orageuse.

II. — Divers genres de parasites.

A mesure que se répandait l'usage des détecteurs électrolytiques ou à contact solide, et par suite du téléphone on constatait qu'il était possible de distinguer à l'oreille, d'après la nature de l'audition, plusieurs genres de *décharges atmosphériques* ou *telluriques*, ou, comme on dit souvent, de « parasites » par opposition aux signaux de télégraphie sans fil, correspondant à des télégrammes.

Par exemple, les chutes de neige ou de grêle donnent lieu à un bruissement tout particulier que connaissent bien les sans-filistes.

Ce genre de bruit porte communément le nom caractéristique de friture. Les Anglais le désignent sous le nom de *Sizzle*. On l'appelait aussi quelquefois *Hums*.

Un autre genre de parasites donne au téléphone l'impression d'un fort claquement; le bruit pourrait être comparé à celui d'une détonation brusque : les Anglais le nomment *clicks*. Comme les grinders ou grincements plus prolongés que les précédents, ces parasites doivent être attribués à des décharges orageuses ⁽²⁾.

III. — Expériences qui ont précédé la guerre.

Je m'étais proposé, dès 1911 à Nancy, l'étude de ces différents phénomènes, en même temps que j'étudiais l'effet des variations atmosphériques sur la propagation des ondes hertziennes : le poste de la Tour Eiffel émettait à certaines heures, toutes les dix secondes, des signaux de dix secondes qui permettaient de mesurer la déviation permanente produite à l'équipage du galvanomètre de Duddell. Cet

(¹) Voir E. ROTHE, *Les applications de la télégraphie sans fil*, Berger-Levrault, 5^e édition, p. 289, où l'on trouvera une bibliographie de la question. Une bibliographie allant jusqu'en 1912 se trouve aussi dans J. LOISEL, *Les orages*, Thomas, Paris.

(²) On verra plus loin comment nous avons été conduits à établir une distinction entre ces parasites.

appareil permet de faire immédiatement une mesure relative de l'intensité des décharges ⁽¹⁾.

Ces observations furent fréquemment troublées par les « parasites », et dès cette époque, j'avais eu l'impression très nette que ce n'étaient pas seulement les orages locaux, mais des phénomènes plus lointains qui amenaient ces perturbations. C'est pourquoi j'avais demandé au poste de la Tour de bien vouloir noter les conditions météorologiques.

IV. — Usage de la radiogoniométrie.

Au cours de la guerre, l'emploi des amplificateurs rendit la réception plus sensible et celui des cadres mobiles permit, pour la première fois, d'effectuer d'une façon simple les recherches de radiogoniométrie. Dès lors, l'étude des orages devenait plus précise puisque, non seulement on pouvait accuser la présence d'une manifestation orageuse, mais encore en déterminer la direction et la marche. C'est à la demande de M. Rouch, alors chef du service météorologique de l'armée, que j'appliquai, au cours de la guerre, la radiogoniométrie à l'étude des orages: mais les circonstances de la campagne ne permirent pas une étude systématique qui ne put être menée à bien qu'après l'armistice.

J'ai indiqué dans un article des *Annales de Physique* ⁽²⁾, la suite des expériences préliminaires qui furent faites depuis 1917 jusqu'à l'été 1919, à Saint-Cyr d'abord, puis à Strasbourg et continuées grâce à la bienveillance du D^r Henri de Rothschild.

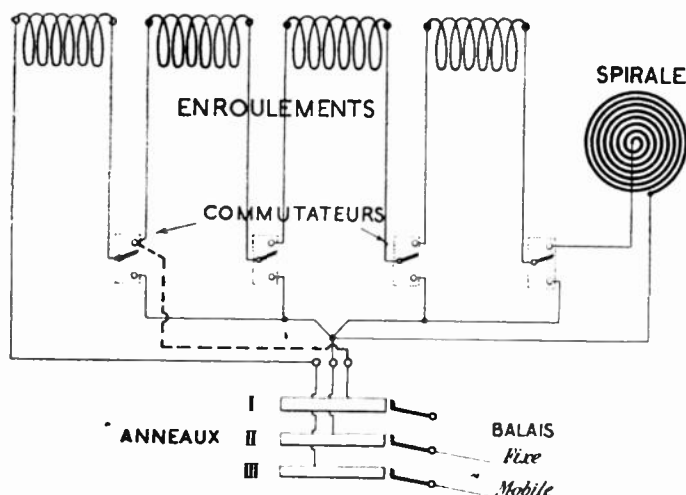
Au mois de juillet 1920, un cadre de grande dimension fut installé dans les nouveaux locaux de l'Institut de Physique du Globe de Strasbourg, il permet des réceptions depuis la longueur d'ondes de 1200 mètres, jusqu'à celles des grands postes comme Bordeaux. 24000 mètres.

Ce cadre, pour la construction duquel nous nous sommes inspirés des conseils de M. Mesny, est de forme hexagonale. Il est formé de six bras assemblés par des flasques métalliques. Chacun des bras porte une traverse de 60 centimètres, sur laquelle passent les enroulements. Les traverses sont réunies par du fil d'acier avec tendeurs d'aéro-

⁽¹⁾ E. ROTHE. *Sur l'influence possible des radiations solaires sur la propagation des ondes hertziennes*. Comptes rendus Acad. Sciences, t. 154, p. 1454. — Comptes rendus de la 41^e session de l'Association française pour l'avancement des sciences, Nîmes, 1912, p. 191. — E. ROTHE et R. CLARTE. *Influence de l'état de l'atmosphère sur la propagation des ondes hertziennes*. Comptes rendus Acad. Sciences, t. 158, p. 611, 1914.

⁽²⁾ *Sur la radiogoniométrie des parasites atmosphériques et la prévision du temps*. Ann. de Physique, 4^e série, t. XVII (mai-juin 1922).

planes, mode de construction qui diminue sensiblement le poids du cadre. Une des diagonales est verticale et le bras inférieur forme axe. Le cadre tourne au sol et au plafond sur des roulements à billes. La traverse inférieure porte des commutateurs qui permettent de prendre successivement cinq portions d'enroulement. Les quatre premières sont enroulées en tambour sur les traverses, la dernière est en spirale sur les bras; tous les isolements sont faits sur poulies de porcelaine. Au-dessous de la traverse horizontale inférieure est un disque gradué pour les opérations de radiogoniométrie et sur l'axe se trouvent trois anneaux sur lesquels frottent des balais en acier de ressort d'horloge, produisant le contact en deux points. Ce mode de construction a donné entière satisfaction. Deux anneaux pourraient suffire, le troi-



sième permet d'utiliser les portions centrales du cadre au lieu des portions extrêmes pour la réception des petites longueurs d'ondes, comme l'indique la figure schématique ci-jointe. Le fil en pointillé communique avec l'anneau I, les bornes I et II permettent de prendre les bobines centrales, les bornes II et III les bobines de gauche ou la totalité (¹).

L'ensemble des observations faites sur les parasites permet d'affirmer les résultats suivants :

1° Il est possible de suivre la marche d'un orage qui se forme au loin à l'horizon. — a) *Méthode d'écoute.* — Supposons d'abord un

(¹) Il est évident qu'il vaudrait mieux installer le cadre radiogoniométrique dans la campagne, loin de toutes les lignes d'énergie : dans la ville, les tramways constituent une grosse gêne.

orage assez proche pour qu'on entende les coups de tonnerre, assez loigné pour qu'on ne voie pas les éclairs; un observateur, qui garde les yeux fermés, note les décharges entendues au téléphone et les annonce à haute voix; un second observateur note les coups de tonnerre qui suivent les décharges. L'orage se rapprochant peu à peu, le second observateur est mis à même de voir les éclairs, d'en noter l'heure, de vérifier que les éclairs coïncident bien avec les décharges entendues. L'orage s'éloigne de nouveau : les décharges cessent d'être visibles et ne sont plus perçues qu'au téléphone. Mais on peut affirmer désormais que le phénomène entendu correspond bien à la décharge orageuse. On a le moyen, non seulement de suivre au cadre la direction de l'orage, mais d'en connaître la distance par la connaissance de l'intervalle de temps qui sépare une décharge entendue au téléphone. Au coup de tonnerre suivant entendu à l'oreille.

b) *Méthode d'inscription.* — Bien qu'aucun doute ne puisse subsister à ce sujet, des expériences d'inscriptions sont encore plus convaincantes. On remplace le téléphone par un galvanomètre oscillographe à fer de M. Abraham, dont on inscrit les déviations sur des bandes de papier enfumé. Au moment où un éclair se produit, on note sur la bande le train de décharges correspondantes. On a ainsi une méthode objective : les inscriptions ainsi obtenues ne se différencient que par leur amplitude des trains de décharges venant de loin.

L'étude d'un orage peut se faire plusieurs heures à l'avance. Par exemple : le 22 août 1922 éclatait sur Strasbourg, un orage dont le maximum fut vers 17 h. 45 et que l'on put entièrement inscrire. Déjà à 14 heures, les bandes d'inscription ne laissaient aucun doute sur l'approche d'un orage.

Lorsqu'un orage est tout près de la station ou passe sur elle, la méthode radiogoniométrique ne s'applique plus, car on trouve des décharges dans tous les azimuts.

2° **Le cas d'un orage proche excepté, on trouve pour les parasites des directions privilégiées.** — Même par temps calme, par ciel bleu, la méthode radiogoniométrique permet de trouver des directions privilégiées pour les parasites. Nous examinerons plus loin l'explication qu'on peut donner, mais il importe d'insister d'abord sur les divers aspects sous lesquels les parasites se présentent à l'oreille ou à l'inscription, et sur les précautions à prendre pour en déterminer la direction.

3° **Il y a différents genres de parasites.** — Il y en a même en hiver assez fréquemment, leur intensité est variable et ils donnent au téléphone des sons très différents.

A diverses reprises, j'ai observé et vérifié, depuis, que les parasites nuls au lever du jour, au moment où la terre est couverte de gelée blanche ou de rosée, deviennent plus forts au moment du lever du soleil quand les prairies avoisinantes se couvrent de brouillard par évaporation; les parasites entendus alors donnent un bruit de friture analogue à celui que produit une chute de neige.

Cette friture paraît être constituée par un très grand nombre de faibles décharges, dues sans doute à la formation successive de petites nuées qui donneront plus tard naissance aux strato-cumulus. Nous avons été amenés à distinguer en dehors de ces fritures :

1° *Craquements et claquements*. — Ce sont les parasites les plus fréquents, observés surtout dans la journée. Nous appellerons craquements ceux dont la note est la plus basse ressemblant au bruit d'un morceau de bois que l'on brise, réservant le nom de claquements aux bruits de note plus élevés que les précédents et surtout plus brefs et secs. Ils ont une fréquence très variable et sont assez nombreux, quoique distincts entre eux, pour former une sorte de crépitement continu, tout à fait différent cependant des craquements.

2° *Décharges*. — Nous réserverons le nom de décharges à des manifestations qui sont plus rarement entendues, sont d'assez longue durée, jusqu'à cinq secondes, présentent un bruit métallique intense (gong), de note élevée très nette et conservent, pendant leur durée entière, la même intensité et la même hauteur.

Ces décharges ne semblent dues qu'à des nuages orageux plus ou moins proches. Quand l'orage est très proche, ces décharges peuvent devenir presque continues et dominer les autres genres de parasites.

4° Il y a lieu d'envisager le maximum d'intensité, le maximum ou minimum de fréquence. — Pour déterminer la direction dans laquelle existent des parasites, il ne faudrait pas se contenter de chercher les directions du maximum ou du minimum d'intensité. Il y a lieu d'envisager aussi la fréquence. Ainsi, on comptera pour les divers azimuts les décharges dans un temps donné, *recherche longue et délicate qui seule peut donner une certitude*:

On distingue parfois dans des plans différents, quelquefois dans des directions perpendiculaires, deux genres de parasites. Dans une direction, par exemple, le maximum peut être caractérisé, soit par un nombre plus grand de décharges assez nettes, soit par des craquements violents et continus; dans la direction perpendiculaire, au contraire, on observe des décharges plus nettes, correspondant à de faibles craquements. L'inscription est d'un grand secours pour se

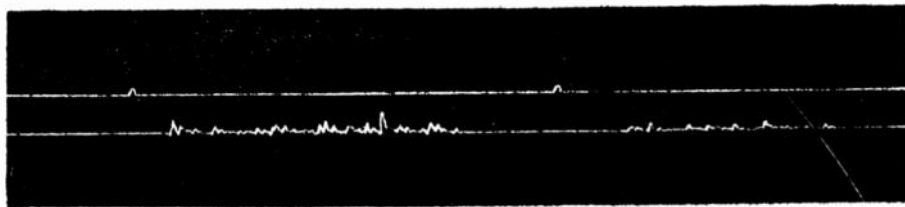
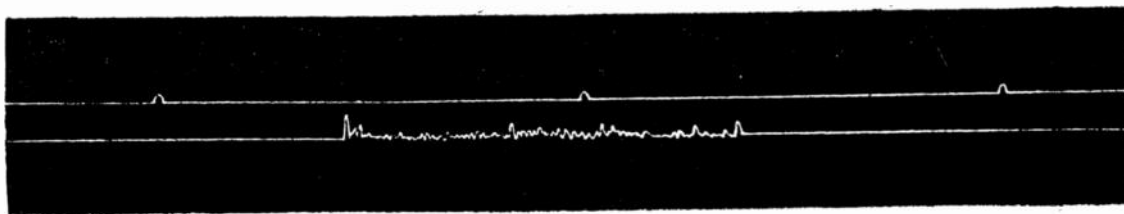


Fig. 1. — Orage à l'horizon. — Décharge.



• Fig. 2. — Décharge longue correspondant à un éclair visible (10 août 1921, Strasbourg).

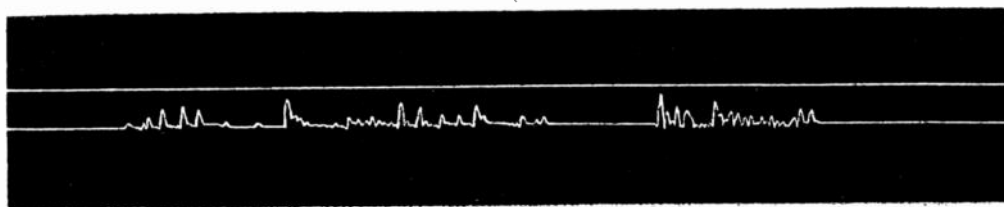


Fig. 3. — Décharges concordant avec des chutes de grêle (10 août 1921, Strasbourg).

faire une opinion nette sur les régions dans lesquelles les décharges sont les plus fréquentes. On fait successivement des inscriptions dans les divers azimuts.

La technique consiste à compter les parasites par minute sur le azimuts divers de 20° en 20°. Dans les cas peu nets, on est obligé d'effectuer plusieurs tours par observations croisées et de prendre de moyennes. Si dans ces conditions on avait encore des doutes, on procéderait par extinction progressive des lampes d'amplification pour se débarrasser des petits craquements. On aura toujours recours, dans les cas difficiles, à la méthode qui consiste à chercher le minimum qui se trouve à 90° du maximum.

On a naturellement vérifié que plusieurs personnes, indépendamment des observateurs habituels, travaillant à part, sont conduites aux mêmes résultats.

Voici quelques exemples d'inscriptions :

La figure I représente des séries d'encoches, caractéristique des violentes décharges.

La figure II correspond à un éclair.

La figure III est une chute de grêle.

La figure IV est une décharge orageuse dans les Vosges.

Dans la figure V, des craquements et claquements correspondent à des encoches isolées.

Figure VI, claquements nombreux formant un crépitement.

5° La fréquence des parasites subit une sorte de variation diurne.

— Le nombre des parasites croît généralement avec la température, ils sont plus fréquents dans la journée, le maximum des orages ayant lieu dans l'après-midi. On constate pourtant des exceptions, comme dans l'observation des orages eux-mêmes.

D'après Angot, si on répartit toutes les observations d'orages relevés à Paris pendant la période de vingt ans en huit périodes de trois heures, commençant à minuit, on trouve que, sur un total de mille observations d'orages, on a :

Entre minuit et 3 heures	52
3 heures et 6 —	40
6 — et 9 —	43
9 — et 12 —	53
12 — et 15 —	242
15 — et 18 —	304
18 — et 21 —	173
21 — et 24 —	93

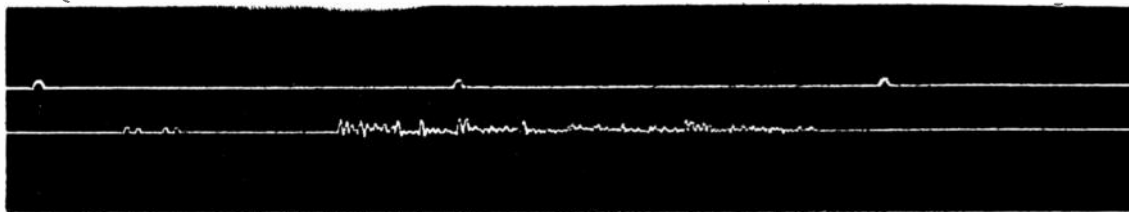


Fig. 4. — Longue décharge correspondant à un orage lointain.

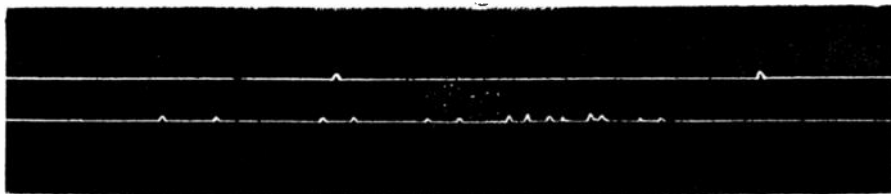


Fig. 5. — Craquements isolés.

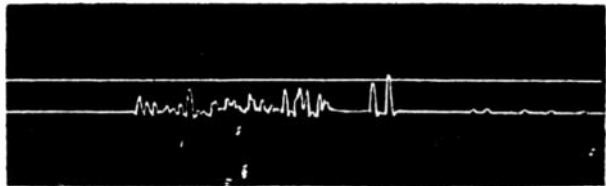


Fig. 6. — Craquements et craquements.

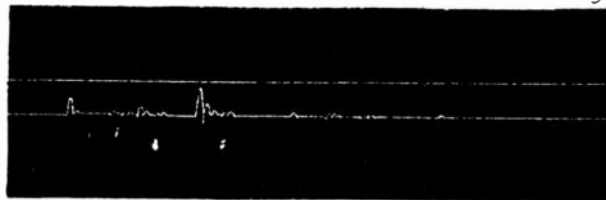


Fig. 7. — Crépitement intense provenant d'une série de craquements.

Plus de la moitié est observée entre midi et 18 heures, 546 surmille. Von Han (*Lehrbuch der Meteorologie*, page 680) énonce une loi analogue pour l'Écosse, la Norvège, l'Allemagne.

Il semble qu'on puisse généraliser ce résultat en l'étendant aux parasites eux-mêmes et, par suite, la fréquence des parasites aux heures chaudes de la journée n'a rien de surprenant.

6° **Il semble qu'on puisse rattacher la fréquence des parasites dans une direction déterminée à la fréquence des dépressions (Lacoste).** — Un des chercheurs de l'Institut, qui a bien voulu se consacrer à l'étude de ces questions pendant les étés 1921 et 1922, a observé un certain nombre de faits qui l'ont conduit à énoncer des règles qui, si elles se vérifiaient dans les différents observatoires, conduiraient à énoncer des lois véritables et apporteraient une contribution importante à la prévision du temps.

1° *S'il existe une dépression lointaine bien caractérisée à isobares fermées nettement concentriques, le maximum observé pour les claquements est dans la région S. et S. E. de cette dépression.*

2° *S'il existe une dépression dont le centre est très éloigné et dont les isobares s'étendent au loin, le maximum est dirigé vers la périphérie de la dépression. Il est moins nettement caractérisé que dans le cas précédent.*

3° *Les dépressions secondaires, les poches barométriques, les cols barométriques voisins correspondent à des fronts orageux et le maximum est difficile à obtenir.*

Ce qui paraît donner aux énoncés de M. Lacoste beaucoup d'intérêt, c'est qu'il a pu prévoir par l'observation des parasites le déplacement de dépressions que j'ai pu moi-même vérifier à posteriori sur les cartes de l'Office National.

J'ai publié dans les *Annales de Physique* les tableaux d'observations qui l'ont conduit à ces énoncés.

Une correspondance a été établie à posteriori pour 1920 ; les observations ont été faites cette année-là par un autre physicien, M. Lavière.

La plupart du temps, les dépressions annoncées n'ont été connues à Strasbourg que le lendemain. On peut donc tirer de là des règles pratiques pour l'étude du déplacement des dépressions.

Pour la prévision des orages, on est conduit à dire :

Dès qu'il n'est pas possible de trouver un maximum et que l'on entend ou enregistre de violentes décharges sur tous les azimuts, l'orage atteint la région où l'on observe.

Pour les observations de 1920 et 1921, je renverrai les lecteurs à l'article des *Annales de Physique* cité plus haut et je me contenterai d'indiquer les faits les plus saillants, observés par M. Lacoste pendant l'été 1922.

Dépressions.

Le mardi 25 juillet, le maximum des parasites entendus était de direction W. S. W. — E. N. E. A 21 heures ce maximum se trouve N. W. — S. E. et la carte du 26 juillet indiquera une profonde dépression N. W. Angleterre.

Le 10 août, le maximum s'était tenu vers le N. E., sur le secteur S. E. d'une dépression à centre mer Baltique, Or, le 11 août, à 8 heures, je trouve un maximum N. W. — S. E. La carte isobarique indiquera une nouvelle dépression au N. W. de l'Angleterre. A 17 h. 30, le maximum est W. N. W., donc la dépression s'avance vers la Baltique comme on le verra avec la carte du 13 août.

Le samedi 19 août, le maximum était sur E. N. E., mais, à 11 heures, apparaît un renforcement sur N. W., celui-ci se maintient toute la journée : il correspond à une nouvelle dépression visible sur la carte du 20 août.

Au cours du 26 août, le maximum passe de E. N. E. sur dépression mer Baltique à W. N. W., vers une nouvelle dépression qui, le 27, aura son centre vers l'Irlande.

Les orages.

- 14 août — 8 heures. Décharges nettes, régions W. et W. N. W.
- 11 — Décharges plus fortes.
- 12 — Le maximum descend sur S. W.
- 18 — Violentes décharges sur tous les azimuts.
- 20 h 30 — — —

Premiers éclairs sur Strasbourg à 21 heures. — Violent orage à 23 heures. Quarante-deux bulletins d'orages concernant l'Alsace et la Lorraine parviennent le lendemain à l'Institut de Physique du Globe.

- 22 août, 8 heures. — Décharges violentes sur tous les azimuts avec renforcement sur N. W. Un orage est signalé à cette heure au N. W. de Strasbourg.

22 août, 11 heures. — Décharges violentes sur tous les azimuts.

— 14 — — — — —
— 16 h 30 — — — — —

L'orage atteint Strasbourg à 17 h. 45. Trente-sept bulletins d'orages parviennent le lendemain à l'Institut de Strasbourg.

Longueurs d'ondes des parasites.

Il est naturel de penser que, sous l'influence des parasites, le cadre fonctionne surtout par choc et avec sa période propre. Les décharges atmosphériques qui se produisent dans des milieux très résistants, dans des milieux à grand rayonnement doivent être amorties, et en effet, quand on utilise un cadre à faibles longueurs d'onde (jusqu'à 3000 m par exemple, comme je le faisais au début), on n'aperçoit guère de différences lorsqu'on modifie les conditions de résonance. Il n'en est pas de même lorsqu'on utilise un très grand cadre permettant d'écouter sur 25 000 m. Ce n'est alors que pendant les manifestations orageuses très intenses où *l'énergie est très grande et la longueur d'onde grande par suite des grandes capacités en jeu que la totalité du cadre donne de belles inscriptions.*

Pour les orages ordinaires, ce sont, au contraire, les premières sections du cadre qui inscrivent les parasites les plus fréquents : les observations faites jusqu'ici semblent indiquer que les longueurs d'onde des parasites sont réellement différentes suivant les circonstances de leur production. Cette question n'est pas encore assez avancée pour qu'on puisse affirmer des lois certaines. Elle mérite d'être étudiée à fond, car une telle étude contribuera vraisemblablement à établir entre les parasites une distinction moins subjective que celle dont on a dû se contenter jusqu'à présent. Cette étude est en cours à l'Institut de Strasbourg.

E. ROTHÉ,

Directeur de l'Institut de physique
du Globe de Strasbourg.

OSCILLOGRAPHE CATHODIQUE POUR L'ÉTUDE DES BASSES, MOYENNES & HAUTES FRÉQUENCES

Par A. DUFOUR

Chargé de cours à la Sorbonne

(Fin)

La figure 33 donne un spécimen d'enregistrement obtenu par cette méthode; la fréquence du courant Z donné par l'arc étudié est de 150.000, celle des grandes oscillations Y est de 2.500 environ. Dans le tracé les extrémités supérieures (E) des périodes Z sont légèrement différentes des extrémités inférieures et font deviner l'existence d'un harmonique, rendue d'ailleurs plus manifeste par l'apparence curieuse du fond tracé par les oscillations Y, quand l'interrupteur rotatif à mercure laisse ouvert le circuit de l'oscillographe.

On peut expliquer ainsi cette particularité : l'action inductrice de (n) sur (p) , dans la figure 32, s'effectuant d'une manière permanente, le circuit de l'oscillographe, ouvert ou fermé en (d) , est toujours soumis à la même force électromotrice; sa self reste constante, mais sa résistance et sa capacité ne sont pas les mêmes dans les deux cas; en particulier quand il est ouvert, les oscillations de grande fréquence sont avantagées par rapport aux autres et c'est pourquoi on les devine mieux dans les régions (B) correspondantes sur l'enregistrement.

Troisième technique. — Basses fréquences. — Je ne dirai qu'un mot de cette manière d'opérer, et dans laquelle la tache cathodique décrit une hélice sur le cylindre enregistreur; elle n'est, en effet, à considérer que dans des cas spéciaux et seulement pour les basses fréquences.

On utilise l'action d'un champ magnétique, régulièrement variable, pour faire déplacer la tache cathodique parallèlement à l'axe du cylindre pendant que celui-ci tourne; le phénomène étudié Z est orienté de manière à produire des déviations parallèles aussi à l'axe du cylindre.

Un moyen commode d'obtenir un champ magnétique régulièrement variable à vitesse réglable, consiste à mettre, dans le circuit du solénoïde créant ce champ, un rhéostat constitué par deux baguettes minces de charbon enfermées dans un tube de verre où l'on peut faire monter plus ou moins vite du mercure; c'est ainsi que l'on a opéré ici.

La figure 34 donne une idée de l'apparence de l'enregistrement

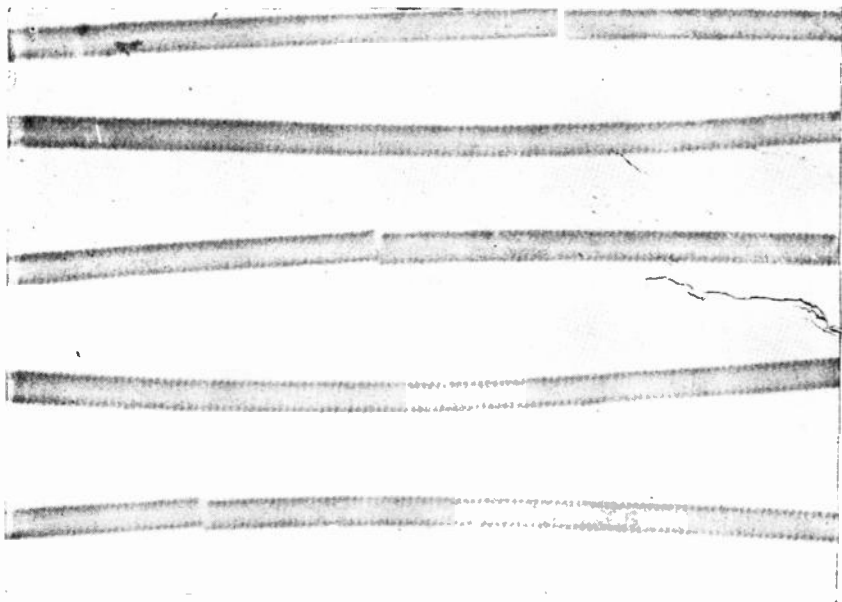


Fig. 34. — Ondes entretenues. Courbe de courant.
Fréquence = 11.000.

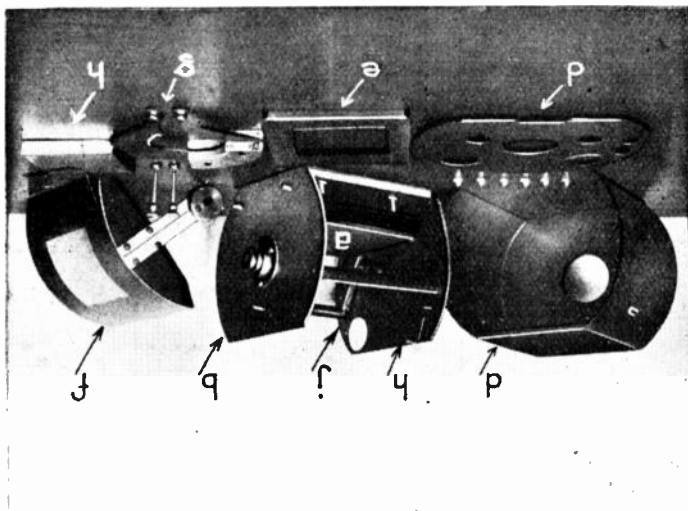


Fig. 35.

d'une fréquence de 11.000 par seconde, obtenu de cette manière, et au-dessous de laquelle il convient de rester, à moins qu'on ne fasse agir, comme précédemment, des champs auxiliaires pour étaler davantage le tracé.

IV. — Équipement et usage de l'appareil pour les hautes fréquences.

Lors de l'emploi de l'oscillographe pour l'enregistrement des hautes fréquences, le disjoncteur précédent n'est plus utilisé et le cylindre tournant est remplacé par un système à plaques photographiques, qui se fixe à son tour et de la même manière que l'interstructure précédente à l'intérieur de la cloche à vide.

Interstructure à plaques. — Les différentes parties qui la composent sont visibles dans la figure 35. On reconnaît les pièces (b) (c) (d) (e) (f) (g) (h) déjà rencontrées dans le dispositif du cylindre tournant de la figure 7.

Les plaques photographiques, au nombre de 6, et de dimensions 125×130 mm, sont portées par des châssis métalliques qu'on voit rabattus horizontalement dans la figure, tandis qu'ils sont verticaux quand l'appareil vient d'être chargé et mis en place. Leur rabattement dans le vide est commandé par le robinet de gauche de la porte de l'oscillographe; la rotation à fond de course de ce robinet, dans le sens des aiguilles d'une montre, actionne un doigt (j) qui fait tomber le premier châssis, dont la plaque est alors prête à recevoir un enregistrement; le retour du robinet à sa position initiale, grâce à l'action d'un système mécanique convenable, oblige ce doigt à prendre une dimension telle qu'à la manœuvre suivante, il fasse tomber le second châssis. Dans cette disposition, la remontée des châssis n'est pas possible; elle est d'ailleurs inutile, car la manœuvre de l'écran fluorescent (f) permet de protéger contre les rayons cathodiques la plaque qui vient d'être impressionnée. Un butoir intérieur (k) commandé par le troisième robinet de la porte de l'oscillographe sert à immobiliser temporairement les châssis lors de la mise en place de cette interstructure.

Contrairement à ce qui se passe pour le cylindre tournant, le chargement des châssis ne nécessite que l'enlèvement du diaphragme (e) sans autre démontage; la manœuvre est ainsi beaucoup plus rapide.

Méthode d'enregistrement. — Tout déplacement relatif de la tache cathodique par rapport à la plaque, ici immobile, s'obtient par l'action

des champs magnétiques ou électriques convenables combinés de manière à obtenir les diverses apparences dessinées schématiquement dans la figure 36.

La tache cathodique (T) représentée immobile en (I) peut décrire soit les oscillations (Y) de grande amplitude qu'on voit en (II), soit les oscillations moins importantes (Z) données en (III), soit enfin les

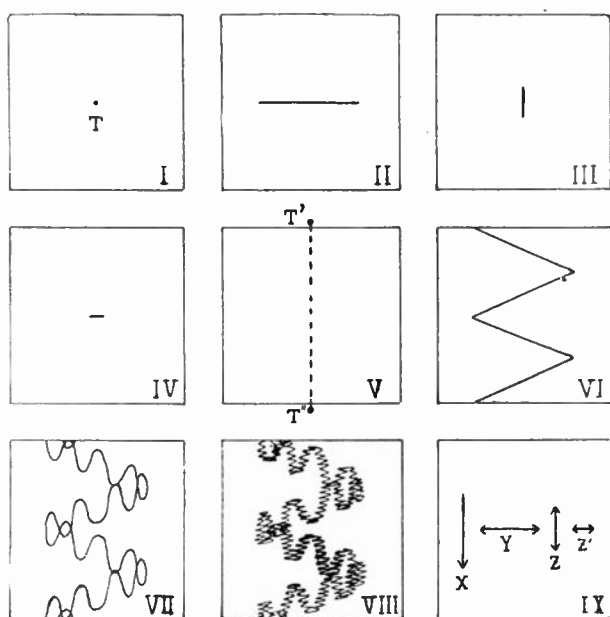


Fig. 36.

petites oscillations (Z) figurées en (IV), quand elle est soumise aux champs correspondants convenablement orientés.

La plaque étant immobile, pour obtenir un tracé, on fait déplacer rapidement la tache cathodique de la position (T) à la position (T') dessinées en (V), à l'aide d'une action dite « de balayage » (X), produite par la variation plus ou moins brusque d'un autre champ accessoire, ici toujours magnétique.

On voit en (VI) le tracé schématique obtenu par les actions simultanées (X) et (Y); en (VII) on trouve le résultat dû à (X) (Y) (Z) agissant ensemble; enfin en (VIII) on a l'apparence du tracé le plus général fourni par la réunion des actions (X) (Y) (Z) (Z') sur la tache cathodique. Leurs directions respectives sont réunies en (IX).

En général, (Y) est obtenu par un courant oscillant appartenant

par exemple, au secondaire d'un arc à oscillations entretenues, et (Z) correspond au phénomène de grande fréquence étudié; pour les très hautes fréquences, dont on verra plus loin quelques exemples, (Z) devient comme (Y) déviation accessoire destinée à allonger le tracé et c'est (Z') qui correspond alors au phénomène principal.

Le balayage (X), produit par la rupture d'un courant continu, est toujours très rapide, de sorte que la durée de l'enregistrement total est très courte. Il en résulte d'abord que l'illumination du tube cathodique n'est nécessaire que pendant un temps minime, avantage précieux qui permet de le faire travailler sous grande puissance, le cas échéant, sans le détériorer ni lui faire dégager trop de gaz. Il sera même indiqué de s'arranger pour que cette durée de fonctionnement soit aussi courte que possible afin d'éviter tout voile de la plaque photographique. A cause de la grande vitesse relative de la tache cathodique par rapport à la plaque, à défaut d'une très grande machine électrostatique, l'emploi du transformateur à haute tension est seul possible; or, un tel transformateur, alimenté par du courant alternatif, fournit au secondaire des tensions variables, et bien que l'usage de soupapes permette d'arrêter les alternances de mauvais sens pour le tube, il faut que l'enregistrement se produise au moment où la tension au secondaire passe par son maximum afin que les conditions de fonctionnement du tube cathodique soient sensiblement constantes; le balayage doit donc être effectué à ce moment précis.

Rupteur synchrone. — Pour réaliser commodément toutes ces opérations en temps voulu, il faut qu'elles soient commandées automatiquement; on utilise pour cela un rupteur synchrone représenté schématiquement avec les circuits correspondants dans la figure 37 et qu'on a pu apercevoir en (F) dans la figure 2.

Il se compose (figure 37) d'un volant (a) dont la rotation dans le sens (p) est commandée par un moteur synchrone (h) alimenté par le même courant alternatif (A) qui passe dans le primaire (P) du transformateur à haute tension (T). Les engrenages (f) et (g) assurent à ce volant une vitesse de rotation d'environ 2 tours par seconde.

Une tige (b), glissant radialement, et rappelée par un ressort antagoniste (e) est solidaire de l'armature d'un électro-aimant (c) fixé au eolant et qu'on peut exciter par un courant continu (U) arrivant aux bagues (d).

Quand ce rupteur est « armé », c'est-à-dire quand l'électro-aimant est excité, l'extrémité de la tige (b) ne rencontre, dans sa rotation, aucun des interrupteurs numérotés de 1 à 5. Quand on coupe le courant (U), l'action de la tige (b) rappelée par son ressort (e), va faire

successivement passer ces interrupteurs des positions tracées en trait plein à celles figurées en pointillé, et va satisfaire ainsi automatiquement à toutes les conditions précédemment exposées, ainsi qu'on le verra plus loin.

Les interrupteurs (2) et (4) sont en série avec le primaire (P) du transformateur, garni de ses rhéostats (R) et (R') et de son interrupteur (K) dont le rôle a déjà été signalé à propos de la figure 9 ; en série avec le secondaire (S) se trouvent le tube cathodique (t) de l'oscillographe et la soupape à haute tension (N). Une clef morse (M) permet de court-circuiter pendant un temps très court l'ensemble des interrupteurs (2) et (4) quand on veut, indépendamment d'eux, se rendre compte, par exemple, du fonctionnement du tube.

Les interrupteurs (1) et (5) sont montés en série dans le circuit de balayage (X) alimenté par la source à courant continu (V). Le solénoïde de ce circuit agissant sur le faisceau cathodique est figuré schématiquement par l'ensemble des deux enroulements (B) et (B') montés en dérivation l'un par rapport à l'autre. (B) est en série avec la résistance fixe (r) choisie une fois pour toutes, tandis que (B') est connecté avec l'interrupteur 3. La figure montre que lorsque les interrupteurs (1) (3) (5) sont fermés, il passe des courants de sens opposés dans les enroulements (B) et (B'), constitués de manière que le champ magnétique résultant ait le sens défini par (B') ; l'ouverture de l'interrupteur (3) laisse subsister seul le champ créé par (B). Le résultat de cette opération est le déplacement (T') (T'') indiqué dans la figure 36.

On peut d'ailleurs faire varier dans une certaine mesure la vitesse de ce balayage en agissant soit sur la constitution du circuit, soit sur les conditions de la rupture en (3). L'adjonction d'une self (S'), dessinée en pointillé, et le raccourcissement maximum du bras de levier de l'interrupteur rendent possible une durée de balayage atteignant le millième de seconde ; au contraire, l'allongement maximum de ce bras de levier, l'introduction d'un condensateur (C') de capacité convenable (par exemple 4 microfarads), monté en dérivation aux bornes de la coupure, ainsi que le fait de recouvrir le mercure du godet (j) par de l'alcool éthylique, permettent, si le fil (m) est fin, de descendre à une durée de l'ordre du $\frac{1}{10.000}$ et même du $\frac{1}{20.000}$ de seconde.

Bien que la self soit faible, il est utile de garnir l'interrupteur (5) d'un condensateur analogue au précédent pour réduire l'étincelle à la rupture du courant total.

L'avantage de ce dispositif est qu'il ne passe de courant dans

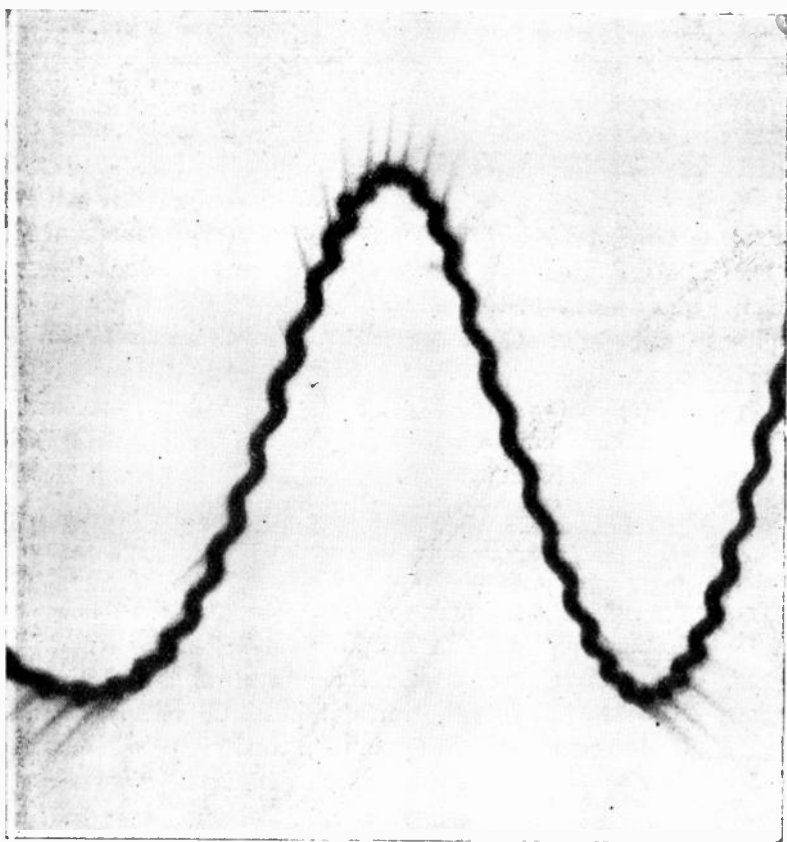


Fig. 38. — Effet du ralentissement partiel des électrons du faisceau.
Oscillations entretenues. Courbe de tension. Fréquence $= 270\,000$.

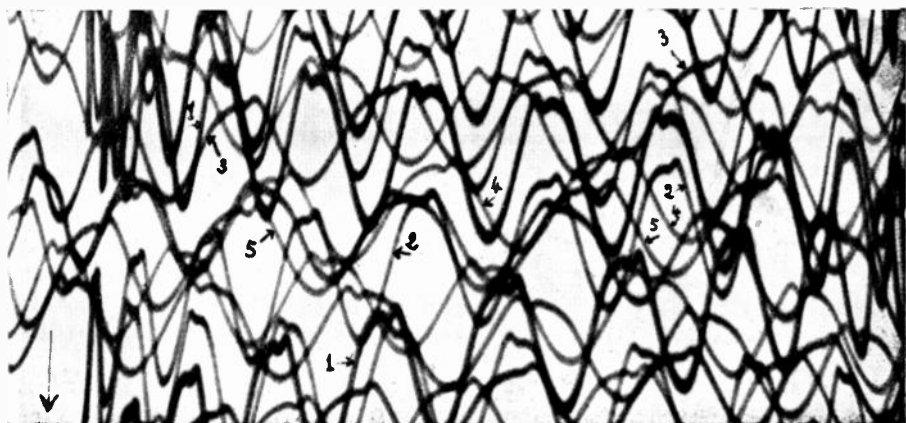


Fig. 39. — Spécimens de cinq enregistrements successifs sur une même plaque.
Ondes entretenues. Courbes de courant. Fréquence $150\,000$, $\lambda = 2\,000$ m.

tous les circuits principaux de la figure 37 qu'au moment précis de l'enregistrement; d'ailleurs l'intensité des courants dans (B) et (B') est alors telle qu'ils ne pourraient la supporter longtemps sans danger; l'observation visuelle de la tache cathodique est cependant toujours possible grâce à l'interrupteur (M).

La manœuvre est alors extrêmement simple, surtout si l'on a soin de placer les interrupteurs (I) (J) (K) (L) à portée de la main. Ces interrupteurs étant ouverts, et le volant en rotation, on amène les interrupteurs (1) à (5) dans la position dessinée en trait plein; l'appareil oscillographique étant prêt, on ferme (J) (K) (L), l'interrupteur (M) restant évidemment ouvert; aucun courant ne passe dans les divers circuits. Au moment d'effectuer l'enregistrement, la plaque ayant été découverte à l'intérieur de l'oscillographe, toute la manœuvre se réduit à l'ouverture de l'unique interrupteur (I).

Aussitôt, la tige (b) libérée ferme (1), ce qui provoque l'établissement des courants dans (B) et (B'); puis ferme (2), alors le tube s'illumine; puis ouvre (3), le courant dans (B') est supprimé; l'enregistrement se produit alors pendant la durée de l'étincelle du godet à mercure (j); puis la tige (b) ouvre (4), le tube s'éteint; enfin elle ouvre (5) et supprime le dernier courant passant dans (B).

Pour éviter toute fausse manœuvre, un timbre frappé à chaque tour du volant par un marteau, indique à l'opérateur le moment où, le tige (b) étant en bas de sa course, il doit ouvrir l'interrupteur (I).

L'interrupteur (3) peut être déplacé devant une graduation, afin qu'on puisse régler, une fois pour toutes, par l'observation visuelle de la tache cathodique, la place qu'il doit occuper pour que le balayage qu'il détermine se produise bien au moment du maximum de tension de l'alternance du signe convenable au fonctionnement du tube.

Il faut s'attendre à ce que, pour une fréquence donnée, le trait de l'enregistrement soit d'autant moins fin que la puissance fournie au tube est plus grande, tandis qu'il redeviendra fin quand, pour la même puissance, la fréquence augmentera, du moins jusqu'à une certaine limite.

La figure 38 où les grandes oscillations (Y) ont une fréquence de 10.000 environ (courant d'arc chantant), et les déviations (Z), volontairement petites, correspondent à une fréquence de 270.000 (courbe de tension), montre cet élargissement du trait, et en même temps un phénomène qu'on pouvait déjà observer dans les spécimens donnés précédemment: c'est l'existence de traînées en forme de queue de comète dont le soleil serait presque au centre de la plaque, position de la tache pour un champ nul. Ces traînées correspondent à

des déviations plus grandes que celle du faisceau principal, et, comme le rapport $\frac{e}{m}$ doit être supposé le même, on peut donc les attribuer aux électrons de ce faisceau qui, ayant traversé un ou plusieurs atomes du gaz résiduel du tube, ont été ralentis dans leur course. Il se peut d'ailleurs que cette manière de voir intervienne aussi en partie dans la cause de l'élargissement du trait principal ; cette action est plus marquée dans les conditions actuelles qu'à faible puissance, parce que le nombre absolu de ces électrons trainards a augmenté suffisamment pour impressionner la plaque.

On a vu précédemment que l'instérstructure pour haute fréquence comportait six plaques : cela correspond à l'obtention possible d'un nombre d'épreuves bien plus grand. Grâce à l'emploi du rupteur synchrone qui évite tout voile pour la pellicule photographique, il est facile, lors d'une recherche, de faire successivement plusieurs enregistrements sur la même plaque.

A titre d'exemple, la figure 39 montre cinq tracés inscrits l'un après l'autre sur le même cliché. L'apparence en est au premier abord un peu compliquée, mais en s'aidant des différences d'amplitude et de forme des courbes, ainsi que de la largeur du trait fourni par la tache cathodique, on arrive facilement à suivre l'un quelconque des enregistrements sur toute la plaque, dont il n'est ici d'ailleurs reproduit qu'une partie.

Constitution des circuits d'enregistrement. — En haute fréquence, il est nécessaire d'observer certaines précautions, relativement à la manière dont doit être réalisé le circuit agissant sur le faisceau cathodique si l'on veut que le tracé enregistré représente bien le phénomène étudié.

Dans le cas où l'on veut obtenir la forme d'un courant, la technique la meilleure consiste à mettre le solénoïde de l'oscillographe en série dans le circuit considéré ; c'est le montage (I) de la figure 40. En outre, en haute fréquence, ce solénoïde (Z) doit être formé de deux bobines groupées en parallèle et enroulées en sens inverse l'une de l'autre, de manière que les champs magnétiques des deux moitiés de l'enroulement soient de même sens. On peut les constituer au besoin de plusieurs couches de fil séparées par des feuilles de carton mince, même pour des fréquences de plusieurs centaines de mille, car l'effet capacité est encore peu gênant dans ces conditions.

Avec le mode d'enroulement employé ici, l'action électrostatique exercée par la bobine sur le faisceau cathodique est rendue négligeable, et devient tout à fait nulle si l'on peut réunir le milieu du

solénoïde à la masse de l'appareil, car les potentiels des points de l'enroulement également distants du milieu sont alors égaux entre eux à tout instant. Quand les deux moitiés du solénoïde (Z) sont montées en série, l'existence de ce champ électrostatique nuisible se manifeste, lors des fréquences élevées, par la forme elliptique ou non rectiligne de l'oscillation individuelle due à ce circuit; sur les enregistrements faits dans ces conditions, les différentes périodes d'un phénomène (Z) sinusoïdal ne sont plus superposables par translation.

Enfin, il faut évidemment que le solénoïde (Z) soit la seule partie du circuit qui agisse sur le faisceau cathodique; ce n'est d'ailleurs

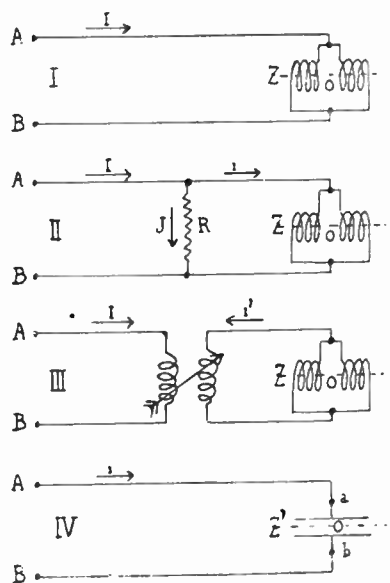


Fig. 40.

que dans des cas tout à fait spéciaux que l'usage d'écrans ou de circuits de compensation sera nécessaire; on en sera prévenu par l'orientation et la forme des oscillations de la tache cathodique sous l'action individuelle du courant I .

Il peut arriver que ce courant ait une intensité telle qu'on ne puisse employer le montage précédent, comme par exemple, dans le cas de l'étude du courant d'une antenne d'émission fonctionnant sous grande puissance. Les deux procédés qui se présentent alors immédiatement à l'esprit sont l'emploi d'une dérivation (II, fig. 40) ou d'une induction (III, fig. 40).

Dans le cas de la dérivation, le solénoïde (Z) est connecté aux

bornes d'une résistance (R) sans self introduite dans le circuit ($A B$). L'oscillographe enregistre la forme du courant dérivé (i), tandis qu'on désire obtenir celle du courant (I). Si l'on désigne par (r) et (L) la résistance et la self du solénoïde (Z), on a la relation :

$$RJ = ri + L \frac{di}{dt} = R(I - i) \quad \text{d'où} \quad RI = (R + r)i + L \frac{di}{dt}.$$

Pour que le courant (i) soit proportionnel à (I), il faut se placer dans des conditions telles que le terme en $\frac{di}{dt}$ soit négligeable. Le coefficient de self (L) du solénoïde (Z) doit alors être petit par rapport à sa résistance, et d'autant plus que la fréquence considérée est plus grande, car la self (L) intervient par le produit ($L\omega$), où (ω) est la pulsation du phénomène oscillant. Déjà pour une fréquence de 20.000 et un solénoïde (Z) pour lequel $L = 5.000$ c. g. s., la résistance du solénoïde doit être d'au moins 60 ohms, si l'on veut que la courbe (i) obtenue représente à moins du $\frac{1}{100}$ en valeur relative la forme cherchée du courant (I).

Le montage par induction (III. fig. 40), est le plus commode en haute fréquence. Si (r) et (L) représentent respectivement la résistance et la self du circuit total (Z), (φ) le flux magnétique de couplage, et si l'on néglige la réaction du circuit (Z) sur le circuit principal ($A B$), on peut écrire :

$$\frac{d\varphi}{dt} = K \frac{dI}{dt} = - \left[r i' + L \frac{di'}{dt} \right]$$

K étant une constante dépendant des conditions de l'expérience. Si l'on constitue le circuit total (Z) de manière que sa résistance (r) soit négligeable par rapport au produit ($L\omega$), les dérivées $\left(\frac{dI}{dt}\right)$ et $\left(\frac{di'}{dt}\right)$ seront proportionnelles entre elles, et, dans le cas général, il en sera de même pour les intensités (I) et (i'). La courbe (i') enregistrée représentera la fonction cherchée (I) avec une approximation croissante avec la fréquence.

Comme ce dernier montage sera le plus employé, il était important de vérifier directement que l'expérience donne bien des résultats conformes aux considérations précédentes. C'est ce que montre la figure 41 dans laquelle on voit deux enregistrements successifs faits sur la même plaque, l'un du courant (I), en gros trait et d'une grande amplitude, l'autre du courant (i') à trait plus fin et à amplitude plus réduite. La source de courant ($A B$) était un arc à haute fréquence,

donnant environ 150.000 périodes par seconde, monté comme dans la figure 32, avec un seul circuit oscillant afin d'obtenir ici volontairement un courant non sinusoïdal. Dans les deux expériences, on a eu soin de veiller à ce que la constitution des deux circuits (I) et (i') reste sans changement: on a fait agir, sur l'oscillographe, dans le premier cas, un solénoïde (Z_1) en série dans le circuit de l'arc et traversé par conséquent par le courant (I), tandis que dans le second enregistrement le solénoïde (Z_2) agissant alors sur l'oscillographe était parcouru par le courant (i').

Malgré que la forme du courant fourni par une telle source, la seule que j'avais à ma disposition, varie légèrement à cause de l'état inconstant de l'arc, on voit cependant nettement sur la figure 41 que les deux courbes ont bien la même forme et qu'en particulier les accidents (A), correspondant à une fréquence de l'ordre de 1.200.000 et que présente la courbe (I), se retrouvent en (A') pour le courant (i') avec une allure sinon absolument identique, du moins extrêmement analogue.

Le montage habituel employé pour obtenir une courbe de tension est représenté en (IV) figure 40; le condensateur (Z'), intérieur ou extérieur à l'oscillographe (o), est connecté aux deux points (A B) dont on veut mesurer la différence de potentiel. On sait qu'en haute fréquence, le circuit (A Z' B) de ce voltmètre enregistreur est parcouru par un courant oscillant (i). On a donc affaire à un circuit ordinaire régi par l'équation habituelle $V_a - V_b = ri + L \frac{di}{dt} + \frac{Q}{C}$. Tant qu'on sera loin de la résonance, les oscillations forcées de ce circuit fourniront bien la forme des variations de la tension (A B); il convient donc de donner à ce circuit une fréquence propre très différente de celle étudiée, et ici la plus grande possible. Mais s'il se produit des variations très brusques dans la différence de potentiel A B, comme celles qu'on constate aux bornes d'un arc (ou d'une étincelle) qui s'établit ou s'éteint, le circuit (A ab B) oscillera alors pour son propre compte et l'on retrouvera dans l'enregistrement son train d'ondes amorties, comme on en verra plus loin un exemple. On réduira son importance en diminuant comme ci-dessus sa période propre, en accroissant son amortissement par l'augmentation de sa résistance, autant que les conditions d'emploi le permettront, pour arriver, si possible, à l'amortissement critique.

Spécimens de hautes fréquences. — La figure 42, à lire de bas en haut, montre un enregistrement de courbe de tension aux bornes d'un arc, du type précédent. Les grandes oscillations horizontales dues au

courant accessoire (Y) ont une fréquence de 10.000 environ, tandis que celle de la tension (Z) étudiée atteint à peu près 240.000 par seconde ($\lambda = 1.250$ m.). A chaque période (Z) il apparaît un train d'oscillations amorties (A B C) de fréquence de l'ordre de 5.000.000 ($\lambda = 60$ m.) et qu'on peut attribuer au circuit, assez long ici, du voltmètre enregistreur.

Pour enregistrer avec des détails suffisants des fréquences beaucoup plus élevées, il faut accroître considérablement la rapidité des oscillations auxiliaires (Y), tout en leur conservant la plus grande amplitude possible. On est alors en présence d'une difficulté, car le circuit (Y) faisant partie d'un système oscillant, il faut que son enroulement ait peu de self pour atteindre une grande fréquence, tandis qu'il doit correspondre à un grand nombre d'ampères-tours pour fournir de grandes déviations. On est donc obligé d'atteindre une valeur élevée pour l'intensité de ce courant oscillant auxiliaire.

A défaut d'un poste à lampes suffisant, j'ai dû employer dans ce but, l'arc, de type d'ailleurs connu, représenté par la figure 43, mais dont la réalisation, très facile, peut intéresser ceux qui pourraient en avoir besoin.

L'arc, très court, jaillit en (H) entre une anode métallique, refroidie par le courant d'eau qui arrive en (e), et une cathode constituée par un charbon ayant seulement deux millimètres de diamètre, et portée par une monture métallique également refroidie. L'hydrogène humide, qui remplit l'ampoule où jaillit l'arc, provient directement du voltamètre à solution aqueuse de soude, à électrodes de nickel, connecté en série dans le circuit d'alimentation. La source (B) a une tension continue de l'ordre de 250 volts et débite ici 5 à 6 ampères. Les enroulements (h) et (h') sont les bobines de choc habituelles. Enfin, par mesure de prudence, un interrupteur (j) permet de court-circuiter l'arc, au début de l'expérience, avant l'allumage, jusqu'à ce que l'ampoule soit bien remplie d'hydrogène.

Le circuit oscillant primaire est couplé par induction avec une spire (b) du secondaire, accordé sur le circuit précédent, et contenant en série le solénoïde (Y) dont les deux moitiés, formées chacune de plusieurs couches de fil, doivent être ici groupées en parallèle. L'intensité du courant primaire étant de 5 ampères, celle du courant secondaire atteint 10 ampères, valeur encore un peu faible, mais que je n'ai pu dépasser.

C'est à ce courant oscillant que sont dues les grandes déviations (Y) de tous les spécimens de haute fréquence qu'on donnera ci-après : la connaissance de sa fréquence est donc nécessaire pour fixer, à

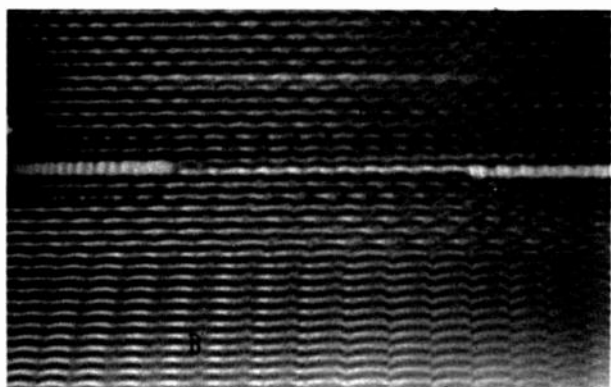


Fig. 33. — Ondes entretenues : Courbe de courant.
Fréquence = 150 000

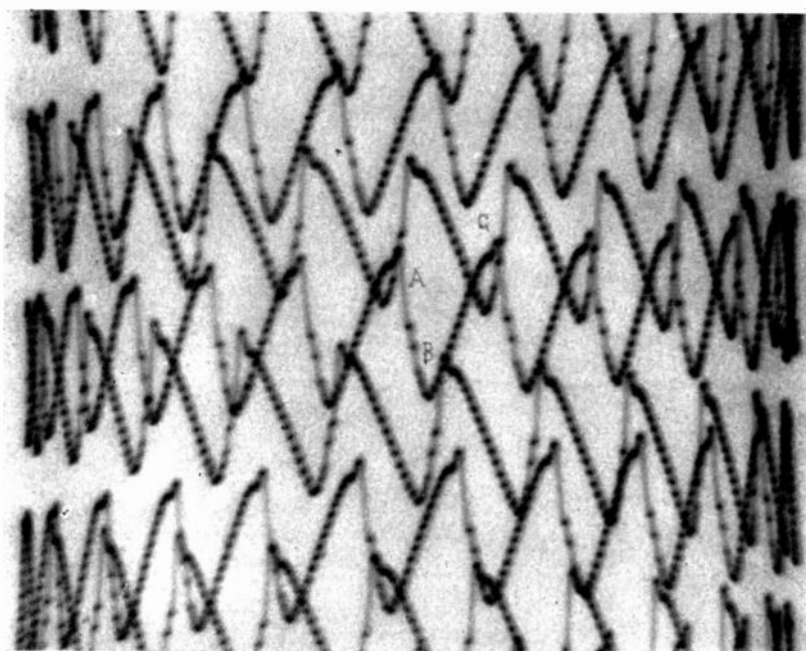


Fig. 42. — Ondes entretenues : Courbe de tension.
Fréquence = 240 000 $\lambda = 1250$ m

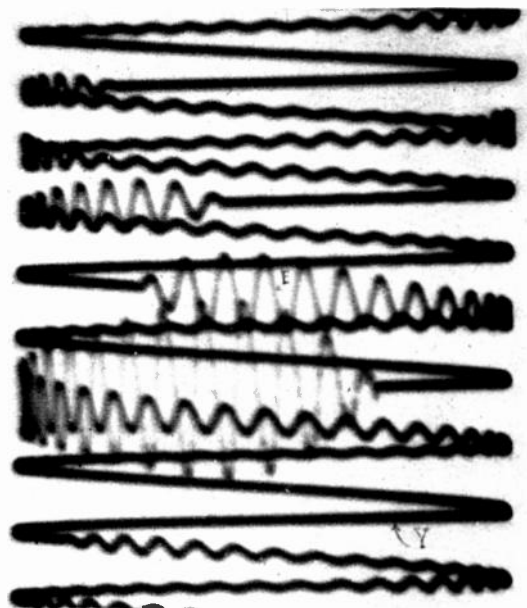


Fig. 46 — Oscillations amorties : Courbe de tension
Fréquence ≈ 1000000 $\lambda = 30$ m

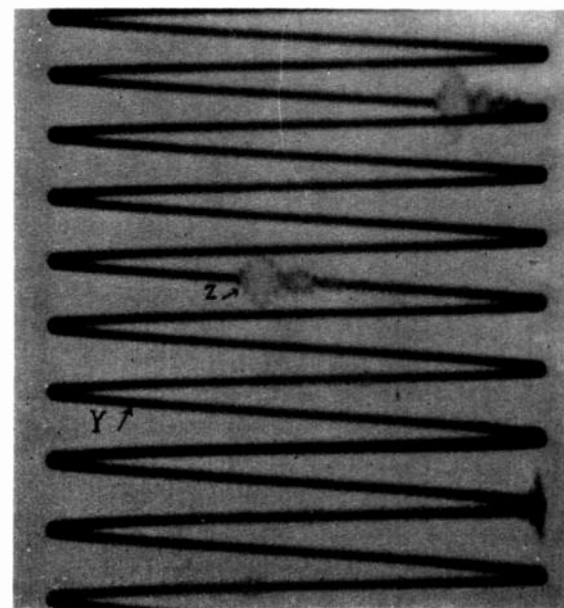


Fig. 47 — Oscillations amorties : Courbe de tension
Fréquence ≈ 5500000 $\lambda = 5$ m 5

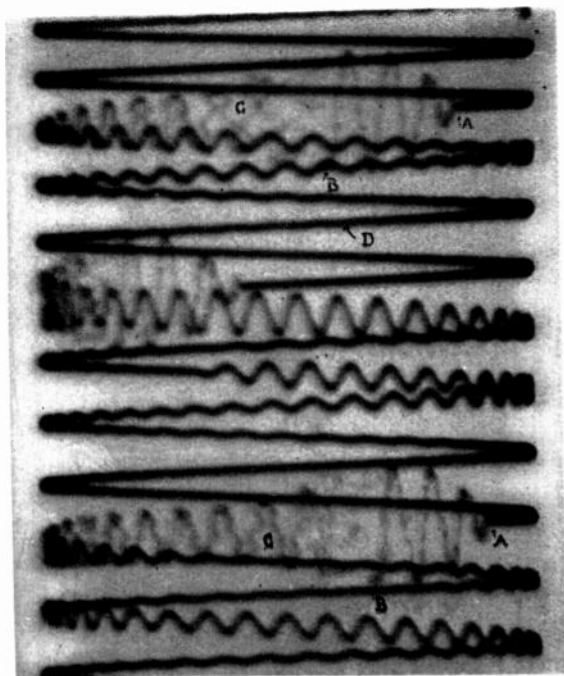


Fig. 50. — Oscillations amorties : Courbe de tension.
En C, fréquence : 60 000 000 $\lambda = 5$ m



Fig. 48. — Oscillations amorties : Courbe de tension.
Fréquence : 70 000 000 $\lambda = 4$ m 3

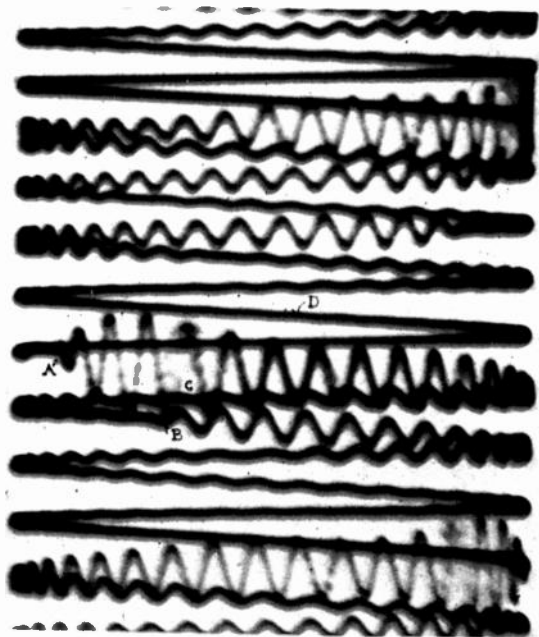


Fig. 51. — Oscillations amorties : Courbe de tension.
En C, fréquence = 150 000 000 $\lambda = 2$ m

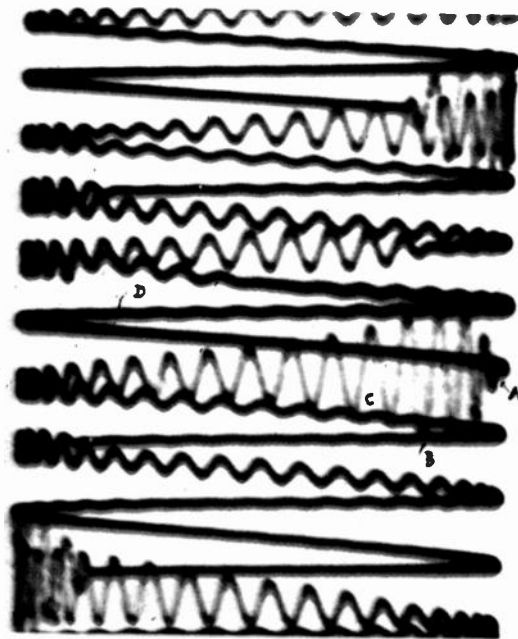


Fig. 52. — Oscillations amorties : Courbe de tension.
En C, fréquence = 220 000 000 $\lambda = 1$ m 4

simple vue, l'ordre de grandeur des courtes périodes enregistrées. M. le commandant Mesny a eu l'obligeance de bien vouloir contrôler, avec un ondemètre étalonné de la Radiotélégraphie militaire, la valeur que j'avais obtenue pour cette fréquence. Les conditions de sa mesure n'étaient pas tout à fait identiques à celles des enregistrements, pour

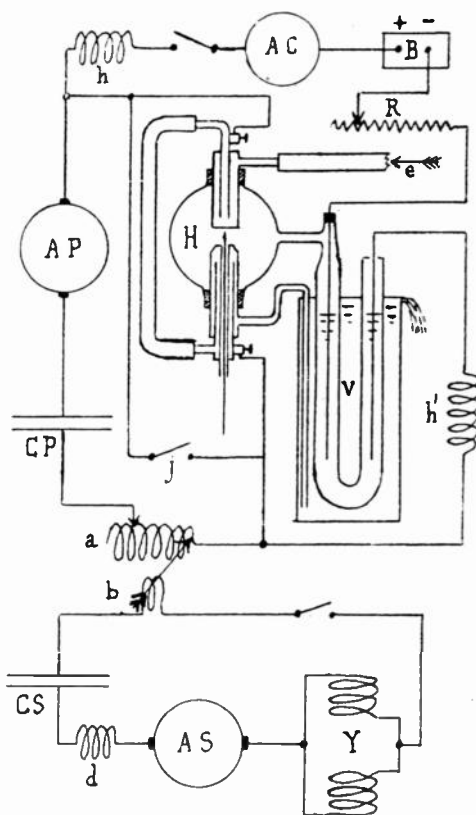


Fig. 43.

lesquels la self était très légèrement inférieure. Il a trouvé une longueur d'onde, d'ailleurs un peu variable, égale en moyenne à 1.160 mètres, correspondant à une fréquence de 260.000, au lieu de 280.000 que j'avais déduite de l'observation des clichés. On admettra ici comme fréquence des oscillations Y dans toutes les épreuves suivantes le nombre moyen 270.000 par seconde, sans aucune prétention à la précision, l'ordre de grandeur étant ici seul important.

La figure 44, à lire de haut en bas, donne la courbe de courant dans le primaire d'un arc à oscillations entretenues, du type précédent.

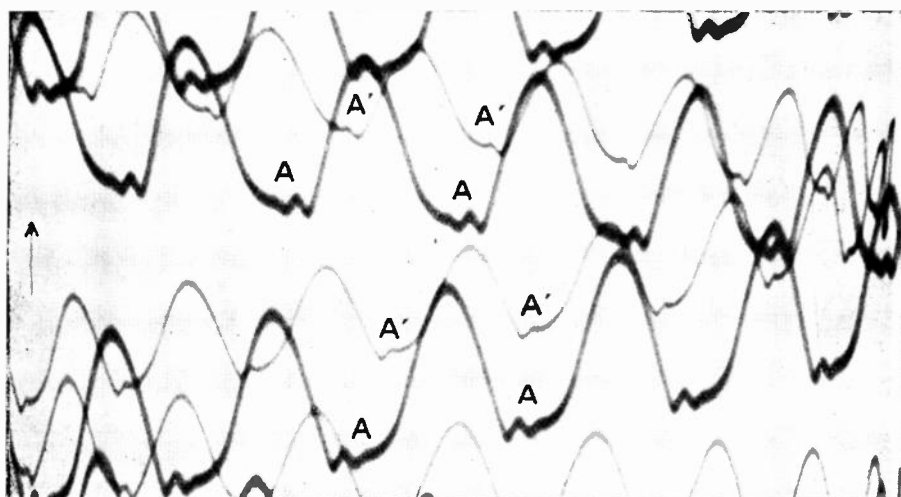


Fig. 41. — Ondes entretenues. Courant primaire et secondaire.
Fréquence 150 000. $\lambda = 2\,000$ m.

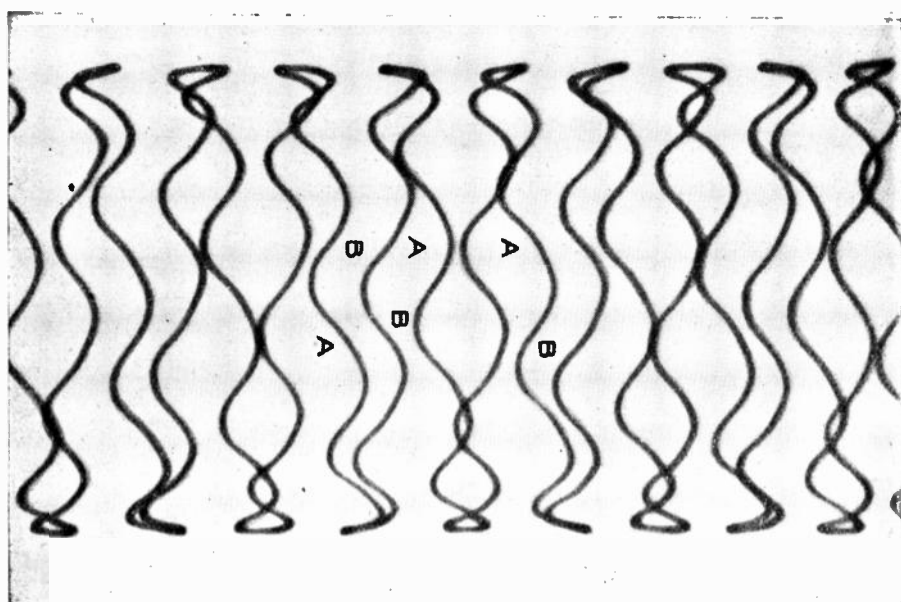


Fig. 44. — Oscillations entretenues. Courbes de courant.
Fréquence 2 100 000. $\lambda = 140$ m.

dont la fréquence est ici 2.160.000 par seconde ($\lambda = 140$ m.), les oscillations horizontales étant celles indiquées ci-dessus de fréquence 270.000. Le courant de l'arc n'est pas tout à fait sinusoïdal, comme on pouvait s'y attendre; on voit en effet que les portions (A) (B) d'une même période ne sont pas identiques, à cause de l'arc; pourtant l'allure de la courbe est régulière, la capacité étant ici très faible. C'est la fréquence la plus élevée que j'aie pu réaliser avec un tel arc.

Les fréquences supérieures, qu'on trouvera plus loin, ont dû toutes

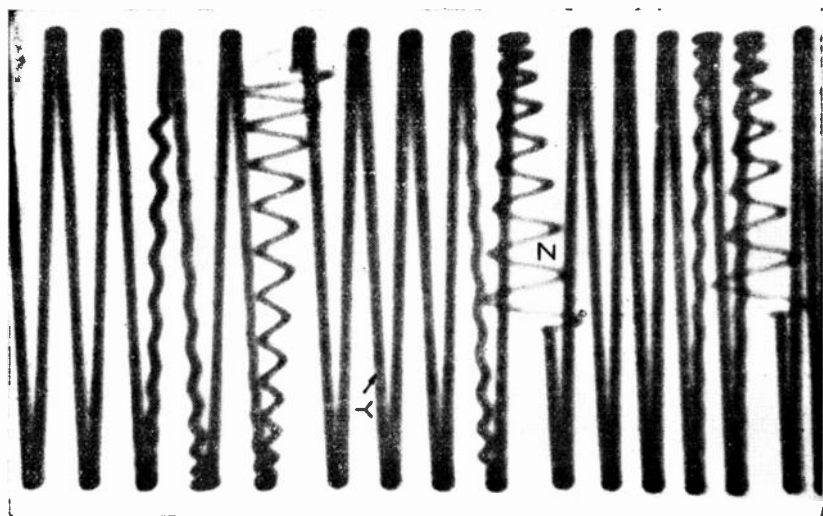


Fig. 45. — Oscillations amorties. Courbes de courant.
Fréquence = 8 500 000. $\lambda = 35$ m.

être obtenues par étincelle et correspondent, par conséquent, à des oscillations amorties.

La figure 45 donne la courbe de courant de décharge d'un circuit à condensateur, à étincelle soufflée, et dont la fréquence des oscillations amorties est ici de 8.500.000 ($\lambda = 35$ m environ). La première oscillation du train d'ondes, correspondant naturellement à l'amplitude maxima, est d'ailleurs perturbée par un harmonique très amorti dû à la constitution du circuit, et auquel il faut sans doute attribuer le léger étalement initial du tracé.

La figure 46 est relative à une courbe de tension. Les grandes oscillations horizontales Y ont toujours la fréquence 270.000. Les oscillations amorties verticales Z de la tension étudiée, ont ici une fréquence de 10.000.000 par seconde ($\lambda = 30$ m). La forme du début du

train d'ondes caractérise l'excitation par résonance; elle est très différente de celle de la figure précédente. Ici, en effet, le circuit oscillant (Z), constitué par le condensateur du tube cathodique et une petite self, est couplé par induction avec un primaire analogue accordé, ce dernier possédant l'éclateur à étincelle.

Les premières oscillations du train d'ondes sont accompagnées d'un harmonique de fréquence de l'ordre de 120.000.000 par seconde ($\lambda = 2,5$ m), ainsi que le montrent les points d'arrêt de la tache cathodique.

Les figures 47 et 48 représentent aussi la courbe de tension aux bornes du condensateur d'un circuit oscillant constitué comme le précédent, mais de self plus faible. Ces enregistrements montrent, d'ailleurs, que les phénomènes réels paraissent plus compliqués en général que ceux auxquels on s'attend.

Dans la figure 47, la fréquence des oscillations (Z) est d'environ 55.000.000 par seconde ($\lambda = 5,50$ m); il apparaît des battements, dus au montage particulier employé ici, et qui se suivent à environ $\frac{1}{11.000.000}$ de seconde.

Des battements analogues, un peu plus rapides, et de durée d'ailleurs pas tout à fait constante, sont visibles dans la figure 48, où les oscillations amorties (Z) ont une fréquence d'environ 70.000.000 ($\lambda = 4,3$ m).

Ces deux derniers spécimens montrent que si l'on veut obtenir des enregistrements suffisamment dissociés d'oscillations de fréquence plus élevée, l'étalement produit par le seul usage des oscillations auxiliaires précédentes (Y) de fréquence 270.000 n'est plus assez rapide.

J'ai alors utilisé le dispositif, déjà décrit dans la figure 36, où les deux oscillations (Y) et (Z) doivent être considérées comme déplacements auxiliaires, tandis que (Z') est relatif à la courbe cherchée.

Dans les trois derniers spécimens reproduits ici (fig. 50, 51 et 52) et qui donnent l'ultime limite d'emploi de ce procédé d'inscription, il faut s'attendre à de très petites amplitudes pour le phénomène étudié.

Les oscillations auxiliaires (Y) de fréquence 270.000 sont toujours produites par le courant du secondaire de l'arc de la figure 43; les oscillations (Z), auxiliaires aussi, de fréquence 10.000.000 sont, comme dans la figure 46, fournies par les variations de tension aux bornes d'un condensateur; il en est aussi de même pour l'obtention des oscillations principales (Z'), de direction parallèle à (Y). C'est le procédé

qu'on a trouvé le plus commode pour assurer, dans un petit espace, l'indépendance relative des actions (Y), (Z) et (Z').

N'ayant à ma disposition que des oscillations amorties pour ces grandes fréquences relatives à (Z) et (Z'), j'ai dû m'arranger ici de manière que l'étincelle qui donne naissance au train d'ondes (Z) crée en même temps le train (Z'). En outre, par suite de la présence des harmoniques qui apparaissent au début des oscillations (Z), et qu'on a vus dans la figure 46, et afin d'éviter qu'ils ne viennent brouiller la forme de la courbe (Z'), il faut aussi faire en sorte que le phénomène

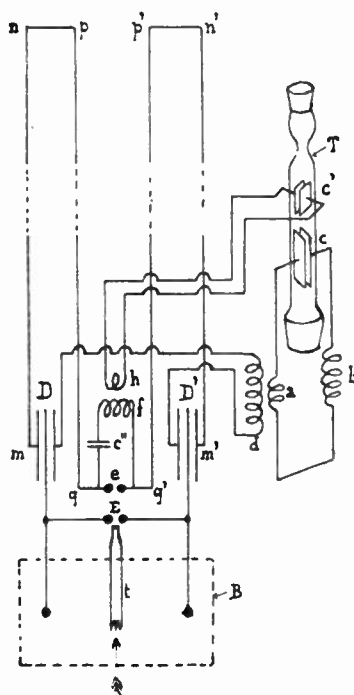


Fig. 49.

(Z'), tout en étant commandé par (Z), ne se produise pourtant qu'un certain temps après lui.

La figure 49 donne le dispositif employé. Le tube cathodique, dont la partie inférieure est seule dessinée, est garni de deux condensateurs intérieurs, disposés à angle droit (c) pour les déviations (Z), et (c') pour (Z').

Le circuit (c a b) est accordé sur le circuit (E D' d D E) contenant les condensateurs en cascade (D D'), un éclateur (E) à étincelle soufflée et la self (d) couplée avec (a). Au moment où une étincelle jaillit

en (E), les variations de tension en (c) donnent les oscillations accessoires de fréquence 10.000.000.

Le circuit oscillant principal ($e' h$) est accordé avec le circuit ($e'' ef$) auquel il est couplé par la boucle (h). Il fournira le phénomène (Z') étudié quand une étincelle, d'ailleurs également soufflée, jaillira au second éclateur (e).

Pour que l'étincelle en (e) se produise un temps déterminé après l'étincelle (E), on a installé, à la manière classique, un circuit fait de deux fils voisins et parallèles, partant des armatures supplémentaires des condensateurs (D D'), et suivant les chemins respectifs ($m n p q$) ($m' n' p' q'$) égaux chacun ici à 105 mètres de fil. A chaque étincelle (E), il part donc de (D D') une perturbation électrique qui se propage le long des deux fils avec à peu près la vitesse de la lumière et vient provoquer une étincelle en (e); celle-ci est donc en retard sur (E) d'environ 3,5 dix millionièmes de seconde.

On doit donc s'attendre, dans ces conditions, à trouver, dans l'enregistrement, le début du phénomène (Z') séparé du début du phénomène (Z) par 3,5 périodes Z; ce sera en outre un procédé intéressant de contrôle des fréquences données ici.

Dans la figure 50, les oscillations (Z'), qu'on voit nettement dans les régions marquées de la lettre (C), correspondent à une fréquence de 60.000.000 par seconde ($\lambda = 5$ m). Elles ont une amplitude trop grande à leur début, de sorte que leur tracé disparaît. C'est là une circonstance heureuse à un autre point de vue, car cette disparition du trait détermine nettement l'instant du début du phénomène (Z'). Conformément à ce qui précède, l'enregistrement montre bien qu'il s'est écoulé environ 3,5 périodes des oscillations de fréquence 10.000.000 de (A) à (B) entre les débuts des deux étincelles (E) et (e).

La figure 51 indique, en outre, qu'on arrive bientôt à la limite où le trait de l'enregistrement finira par ne plus être perceptible, surtout par suite du manque de définition et malgré que la puissance dépensée dans le tube soit devenue considérable ainsi que le montre l'apparence heurtée du cliché. La fréquence de l'oscillation qu'on devine en (C), après le point (B), est ici de 150.000.000 par seconde ($\lambda = 2$ m).

Enfin, pour le dernier cliché (fig. 52) le circuit oscillant (Z') est constitué par le petit condensateur (c) de la figure 49 dont les deux électrodes étaient réunies entre elles, à leur sortie du verre du tube, par le fil le plus court possible. A cause de la distance séparant ce circuit du reste de l'appareillage, on a dû employer une excitation unipolaire.

On reconnaît, sur l'épreuve, une onde très amortie due à la pre-

mière étincelle de l'éclateur (e), qui suit immédiatement le point marqué (B) dans l'enregistrement; une seconde étincelle partielle a donné ici une autre oscillation qu'on voit plus nettement en (C) sur le cliché et qui correspond à une fréquence d'environ 220.000.000 par seconde ($\lambda = 1,35$ m à 1,40 m).

C'est la fréquence maxima atteinte jusqu'ici dans de tels enregistrements, où la figuration du phénomène en fonction du temps est obtenue sous la forme de courbe analytique rapportée aux axes rectangulaires habituels.

Il semble bien qu'on ne puisse espérer reculer encore la limite d'emploi de cet oscillographe du côté des plus hautes fréquences, non pas peut-être à cause du manque de sensibilité de la plaque (celles utilisées ici sont du type ordinaire du commerce à émulsion radiographique), mais plutôt à cause du fait que le faisceau inscripteur semble s'évanouir aussitôt que la vitesse d'étalement devenant très grande, le tube doit fonctionner sous trop grande puissance. Dans ces derniers spécimens, il y a, en effet, une disproportion inattendue entre la faiblesse du tracé des oscillations de grande fréquence et l'intensité du trait encore notable relative aux oscillations à 10.000.000 de périodes. On peut expliquer ce phénomène de la manière suivante: le tube fonctionnant sous grande puissance, le nombre d'électrons émis par seconde est considérable, et comme ils ont tous la même vitesse, ils sont dans leur parcours d'autant plus rapprochés les uns des autres, que l'intensité du courant dans le tube est plus élevée; la répulsion électrostatique mutuelle des électrons du faisceau doit commencer à intervenir dans ces conditions pour rendre plus diffuse la tache cathodique et empêcher ainsi l'obtention d'un tracé aux fréquences trop élevées.

Dans cette manière de voir, on pourrait à la rigueur obliger le faisceau cathodique à se resserrer et à redonner un tracé plus visible en soumettant le faisceau à un champ magnétique de forme convenable; mais les besoins de la pratique n'ont pas paru nécessiter actuellement l'essai d'une telle disposition, d'ailleurs assez compliquée et on ne l'a pas soumise à l'expérience.

La vitesse relative de déplacement de la tache cathodique par rapport à la plaque, devient, comme on peut s'y attendre, considérable dans les régions (C) des deux derniers enregistrements obtenus ici; en certains endroits elle y atteint la valeur de 800 à 900 kilomètres à la seconde.

V. — Résumé.

L'oscillographe cathodique permet donc d'étudier tous les phénomènes de l'état variable du champ électrique et du champ magnétique, soit par la vision directe du déplacement de la tache cathodique sur l'écran fluorescent, soit par son enregistrement sur une pellicule photographique, dans tout le domaine des fréquences utilisées en pratique, en particulier en télégraphie sans fil, allant de la valeur 0 jusqu'à celle de plusieurs centaines de millions par seconde. L'inertie négligeable des électrons enregistreurs assure à ses indications une exactitude et une fidélité qu'on ne peut rencontrer dans les oscillographes à partie matérielle mobile.

En faisant agir simultanément sur le faisceau cathodique, à l'aide des solénoïdes ou des condensateurs convenables, deux champs électriques ou magnétiques à angle droit l'un de l'autre, il est facile de s'en servir comme phasemètre indiquant, par la forme la courbe constante obtenue sur la plaque immobile, la valeur de la différence de phase entre deux courants, deux tensions ou un courant et une tension, quelle que soit leur fréquence. Dans le cas des basses fréquences, l'emploi d'un tube oscillographique double permet d'inscrire les tracés simultanés de deux des grandeurs précédentes, comme avec les autres oscillographes ordinaires.

Pour s'en servir comme hystérésigraphe, il suffit de garnir l'un des deux solénoïdes, agissant à angle droit sur le faisceau, d'un noyau de fils de fer, ces deux solénoïdes étant cette fois parcourus par le même courant oscillant.

Il permet aussi l'obtention des tracés de caractéristiques quelle que soit la fréquence.

Dans les trois derniers cas précédents, une simple machine électrostatique est indiquée pour l'alimentation du tube.

La sensibilité de l'appareil dépend des conditions d'emploi.

Pour les courbes de tension, il faut disposer au moins de quelques dizaines de volts en général, une tension de 10 volts correspondant ici à un déplacement de la tache de 1 millimètre.

Pour les courbes de courant, la sensibilité exprimée sous forme du rapport de la déviation à l'intensité du courant n'a pas grande signification, car ce rapport dépend du nombre de tours de fil dans le solénoïde créant le champ magnétique. Il vaut mieux l'exprimer en fonction du nombre d'ampères-tours de la bobine agissante. Avec une

bobine allongée suivant l'axe du tube et ayant une longueur de 7 à 8 centimètres, ses spires étant ramassées autour de ce dernier, il faut compter environ 1 ampère-tour par millimètre de déviation de la tache cathodique.

Il est à remarquer que l'étude des basses fréquences est très commode à réaliser sous forme de courbes de courant, car on peut constituer la bobine agissante avec un grand nombre de tours de fil, tandis que celle des hautes fréquences est, au contraire, particulièrement facile sous la forme de courbes de tension, car on atteint, dans ce cas, sans difficulté, la tension nécessaire, même pour obtenir de grandes déviations de la tache cathodique.

Garni de son cylindre enregistreur et de son dispositif de basse fréquence, cet oscillographe permet d'obtenir le tracé des courbes de courant et de tension, jusqu'à ses fréquences déjà un peu élevées. Ainsi dans l'étude des oscillations entretenues, d'existence permanente, en opérant convenablement, on peut aller jusqu'aux fréquences de l'ordre de 50.000 ($\lambda = 6.000$ m.), sans que les tracés deviennent encore trop enchevêtrés; cette disposition peut donc servir à l'étude des grands postes, dont les longueurs d'onde sont bien supérieures à celle-là. En revanche, pour les ondes amorties, le dispositif dit de basse fréquence permet d'enregistrer des oscillations bien plus rapides, de fréquence atteignant le million par seconde ($\lambda = 300$ m.)

Muni de son dispositif de haute fréquence, il permet d'enregistrer, avec une très grande facilité de manœuvre, la forme des courbes de courant ou tension depuis la fréquence de l'ordre de 10.000 par seconde, jusqu'aux fréquences élevées de télégraphie sans fil, la limite atteinte pour les oscillations amorties s'élevant ici, comme on l'a vu, à la fréquence de 220.000.000 par seconde ($\lambda = 1$ m. 40). Il est pratiquement intéressant de se rendre compte jusqu'à quel point cet appareil donnera des enregistrements satisfaisants d'oscillations entretenues. La figure 46 renseigne à ce sujet, bien que les trains d'ondes qui s'y trouvent soient amortis. On voit que le cliché serait encore parfaitement lisible et donnerait des renseignements suffisants, si l'on avait affaire à des oscillations entretenues de fréquence 10.000.000 et d'amplitude constante, égale à celle marquée (E), mais qu'on devrait supposer existantes tout le long des oscillations (Y); la longueur occupée par une période (E) est ici de 5 à 6 millimètres, suffisante en pratique. En outre, si pour créer les oscillations (Y) de fréquence 270.000, on avait pu disposer d'une source fournissant un courant d'intensité égale à une vingtaine d'ampères, au lieu des dix ampères auxquels on a dû se limiter, ces oscillations auraient eu une amplitude double, atteignant

toute la largeur de la plaque, et, dans ce cas, des oscillations (λ) de fréquence 20.000.000 auraient présenté l'apparence actuelle des périodes E.

On peut donc être certain d'obtenir confortablement, avec cet oscillographe cathodique, l'enregistrement des courbes de tension et de courant atteignant, pour le moins, en oscillations entretenues, la fréquence de 20.000.000 par seconde ($\lambda = 15$ m.). Ce résultat est bien suffisant pour la pratique, les longueurs d'ondes courantes n'étant pas, en général, aussi petites; il va sans dire que les accidents de plus courte durée apparaîtront aussi sur le tracé, s'ils ne sont pas de trop grande amplitude.

L'usage d'un tel appareil, dont la manœuvre est d'ailleurs, comme c'est le cas par exemple pour les appareils de télégraphie sans fil, beaucoup plus facile qu'on ne peut le prévoir sur le vu des diagrammes et des photographies, pourvu qu'on en ait un peu l'habitude, est donc tout indiqué dans les études des variations des champs électrique et magnétique en général, dans les recherches sur les oscillations électromagnétiques, dans de nombreux problèmes se rattachant à la pratique de la télégraphie sans fil; prolongeant ainsi très loin la voie frayée par les oscillographes classiques antérieurs, l'intérêt de son emploi réside en ce qu'il donne une représentation exacte du phénomène réel, tel qu'il est, parfois bien différent, comme on a pu le voir précédemment, de celui que l'on s'attendait à trouver, surtout dans les hautes fréquences.

A. DUFOUR,

Chargé de cours à la Sorbonne.



REMARQUES DIVERSES SUR LES AMPLIFICATEURS HAUTE FRÉQUENCE A RÉACTION

I. — Un cas d'accrochage brusque irréversible.

Un amplificateur à haute fréquence à lampes audion (à résistances ou transformateurs) est monté suivant le schéma de réaction bien connu de la figure 1.

Le circuit secondaire d'accord est branché entre le pôle négatif du filament et la grille de la première lampe. Dans le circuit de plaque

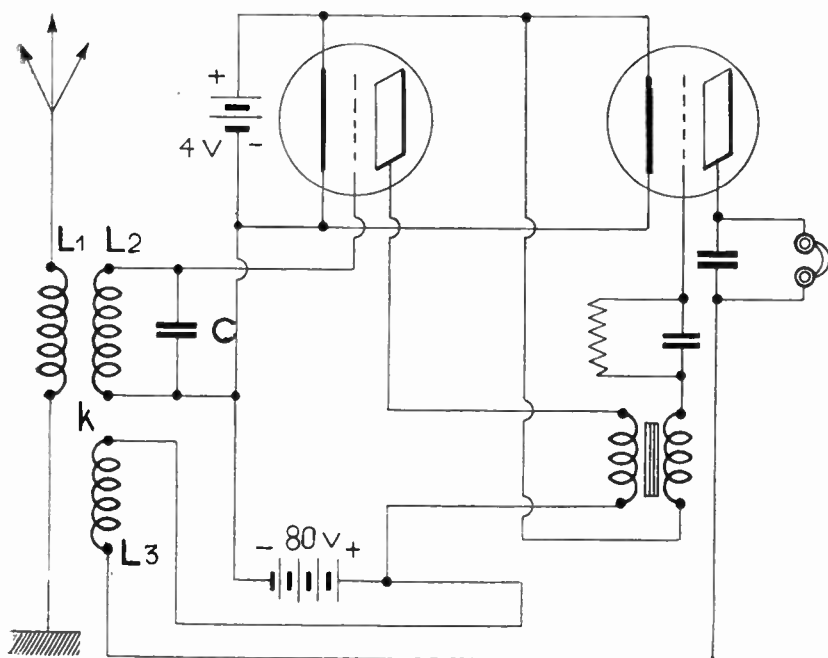


Fig. 1.

d'une des lampes suivantes est intercalée une bobine L_3 dite « de réaction » couplée inductivement avec un sens d'enroulement convenable à la bobine secondaire L_2 du circuit d'accord. Soit K le coefficient d'accouplement entre L_2 et L_3 .

Si l'on fait croître doucement K , on constate d'abord une augmentation de l'amplification, puis l'accrochage se produit pour une

certaine valeur K_0 et le circuit L_2C devient le siège d'oscillations entretenues dont l'intensité, maxima à ce moment, va d'ailleurs en diminuant quand on augmente encore K .

En général, avec un bon chauffage des filaments, le phénomène est progressif et réversible. Il n'en est plus de même lorsque, par suite de décharge de la batterie de chauffage, la température des filaments tombe au-dessous d'une certaine limite.

En augmentant K , on constate d'abord comme plus haut un accroissement de l'amplification, puis, brusquement se manifeste, par un claquement caractéristique dans le téléphone, l'accrochage d'oscillations entretenues pour une valeur K_1 du couplage. Si, à ce moment, on

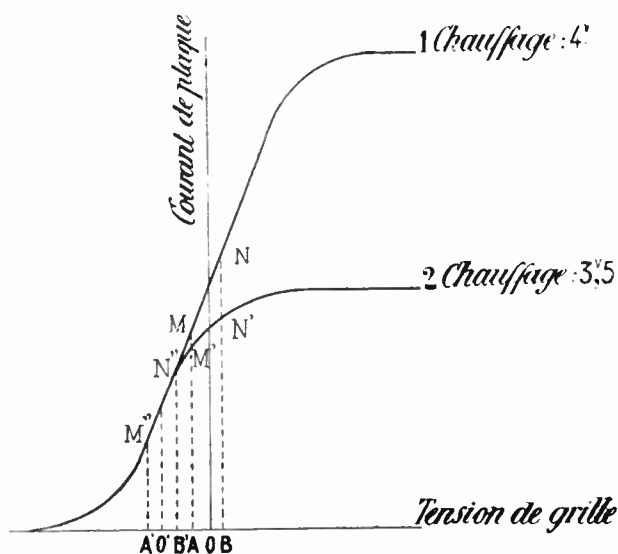


Fig. 2.

fait décroître K au-dessous de K_1 , l'accrochage se maintient et cesse brusquement pour une valeur K_2 du couplage qui peut parfois être notablement inférieure à K_1 . Nous trouverons l'explication théorique de cette anomalie, d'une part dans la saturation qui résulte d'un chauffage insuffisant et, d'autre part, dans le fait que l'amorçage d'oscillations entraîne une diminution de la tension moyenne de grille.

Traçons, en effet, les caractéristiques : « courant plaque tension grille » pour les tensions de chauffage de 4 volts et de 3,5 par exemple.

Prenons d'abord le chauffage de 4 volts (courbe 1).

Soit AB la variation de la tension de grille alternative à amplifier autour du point de fonctionnement moyen O . Le courant de plaque oscille entre AM et BN ; son amplitude maxima est $BN-AM$.

Si le chauffage tombe à $3^{v.5}$, la nouvelle caractéristique sera la courbe 2 et le courant de plaque variera entre AM' et BN' . Il y aura saturation et par suite $BN'-AN'$ sera plus petit que $BN-AN$. L'amplification sera diminuée et il faudra, pour obtenir l'accrochage par réaction, un couplage K_1 plus élevé que dans le premier cas $K_1 > K_0$. Mais lorsque l'accrochage se produit, la tension moyenne de grille diminue et vient en O' . La tension de grille oscille alors entre A' et B' et le courant de plaque entre $A'M''$ et $B'N''$. On s'éloigne de la zone de saturation et l'on a : $B'N''-A'M'' > BN'-AM'$. L'amplification étant augmentée, le décrochage n'aura plus lieu que pour une valeur de couplage $K_2 < K_1$ inférieure à celle pour laquelle l'accrochage s'est produit.

II. — De la réaction dans les amplificateurs à plusieurs lampes.

a) Réaction maxima possible entre la sortie et l'entrée d'une lampe.

Considérons une lampe (fig. 3) avec son organe de liaison à la lampe suivante. (Transformateur ou combinaison « capacités-résistances ».) La tension U est appliquée entre la grille et le pôle négatif du fila-

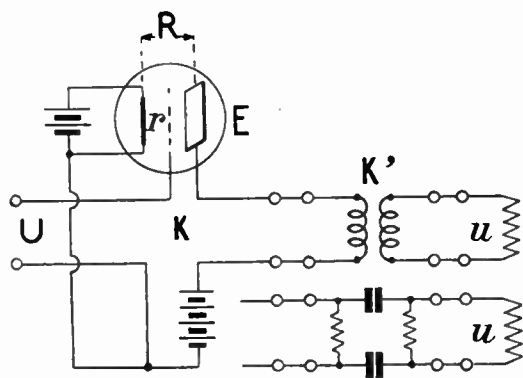


Fig. 3.

ment. Le circuit grille est assimilable à une simple résistance ohmique r (ou une impédance pour les faibles longueurs d'onde par suite des capacités parasites). Le circuit plaque peut être considéré comme un générateur de résistance intérieure R et de force électro-motrice $E = K U$; K est le coefficient d'amplification interne de la lampe.

Comme, par suite des capacités parasites, il peut exister un décalage entre E et U , on considérera, pour plus de généralité, K comme une quantité complexe de la forme $Ae^{j\varphi}$.

Le circuit plaque est relié à un récepteur — qui peut être la grille d'une deuxième lampe — par l'intermédiaire d'un organe de liaison. La tension aux bornes du récepteur est u . Nous désignerons par K' le rapport $\frac{u}{E}$. C'est, en général, une quantité complexe.

L'amplification effective en tension de la lampe branchée sur un récepteur déterminé par l'intermédiaire d'un organe de liaison également donné est égale au produit KK' .

Soit maintenant α la fraction (complexe comme K et K') de la force électro-motrice E de plaque que nous renvoyons par réaction dans le circuit grille de la lampe.

On aura :

$$E = K (U + \alpha E) \text{ d'où : } E = \frac{K}{1-\alpha K} U \quad (1).$$

L'amplification sera augmentée considérablement si le module de αK se rapproche de l'unité tout en lui restant inférieur et si son argument tend vers zéro.

Pratiquement, pour un type de lampe donné, avec un courant de chauffage et une tension continue de plaque également donnés, le facteur $\frac{1}{1-\alpha K}$ se trouve limité à une valeur maxima A pour des raisons de stabilité. Cette valeur est d'autant plus grande que la puissance d'émission de la lampe est plus élevée, ou, pour une lampe donnée, que son courant de chauffage est plus intense.

b) Cas d'un amplificateur à plusieurs lampes.

Nous considérerons maintenant le cas d'un relais à n lampes où la réaction se fait entre l'entrée et la sortie du relais complet.

Le coefficient d'amplification du relais a pour valeur $K^n K'^n$ en supposant, pour simplifier les calculs, toutes les lampes identiques ainsi que leurs organes de liaison. Une fraction β de la tension à la sortie étant ramenée vers l'entrée, l'amplification devient :

$$\frac{u}{K} = \frac{K^n K'^n}{U - \beta K^n K'^n} \quad (2)$$

Le système ainsi constitué peut être considéré comme une chaîne de lampes fermée par l'organe de réaction.

Considérons une lampe quelconque de rang p et soit U_p sa tension grille et E_p sa force électromotrice de plaque. Soit α_p son coefficient

propre de réaction, c'est-à-dire la fraction E_p qui est ramenée à la grille de la lampe.

On voit aisément en suivant la chaîne, que E_p est multipliée successivement par $K^{n-r}K'^{n-r+1}$ jusqu'à la sortie du relais, puis par β et enfin par $K^{r-1}K'^{r-1}$ pour les $p-1$ premières lampes avant le retour à la lampe p . On a donc au total :

$$\alpha_p = \beta K^{n-1} K'^n \quad (3).$$

Cette quantité est indépendante du rang p de la lampe : toutes les lampes sont donc soumises à la même réaction interne et l'on a :

$$\frac{E_p}{U_p} = \frac{K}{1 - \alpha_p K} = \frac{K}{1 - \beta K^n K'^n} \quad (4)$$

en vertu de (3).

La valeur maxima possible pour ce rapport est K/A ainsi que nous l'avons vu plus haut.

Par suite, de la formule (2) on tire :

$$\left(\frac{u}{U} \right)_{\max} = A K^n K'^n \quad (5)$$

Mais alors on voit que l'on arrive exactement au même résultat en employant $n-1$ lampes sans réaction et une seule lampe munie de réaction entre son entrée et sa sortie.

Dans ce cas l'on a :

$$\left(\frac{u}{U} \right)_{\max} = \frac{K^n K'^n}{(1 - \alpha_p K)_{\max}} = A K^n K'^n \quad (6)$$

Seule la valeur du coefficient de réaction diffère. Elle est plus élevée dans le second cas que dans le premier puisque la formule (3) nous donne : $\alpha_p = \beta K^{n-1} K'^n$ et que le produit $K^{n-1} K'^n$ est en général beaucoup plus élevé que l'unité.

Il est bon de remarquer toutefois qu'en pratique, il est plus commode d'avoir à employer comme organe de réaction, soit de faibles bobines de self-induction, soit de faibles capacités. Cette considération, si l'on n'envisage qu'une seule réaction conduira, dans la plupart des cas, à englober toutes les lampes haute fréquence dans le cycle de réaction, comme on le fait d'ordinaire. Notons en terminant la possibilité d'un nouveau gain dans l'amplification par l'emploi de plusieurs réactions distinctes. Dans un relais à 3 lampes haute fréquence, par exemple, on pourrait, théoriquement du moins, utiliser deux réactions distinctes, l'une sur la première lampe seule, l'autre sur la troisième seule. Dans ce cas, l'amplification maxima serait $A^2 K^2 K'^2$ au lieu de $A K^2 K'^2$. Inutile d'ajouter qu'on est vite limité dans cette voie par des réactions parasites entraînant des amorçages intempestifs.

III. — D'un amplificateur à réaction autodyne possédant tous les avantages de l'hétérodyne séparé.

Les deux modes de réaction usuellement employés sont les suivants :

a) Par induction mutuelle (voir figure 1). Ce procédé, associé parfois au nom d'Armstrong, est sans contestation le plus pratique pour la réception des ondes amorties par renforcement au voisinage et au-dessous de la limite d'amorçage. Il permet également la réception des ondes entretenues par battements (autodyne) en provoquant

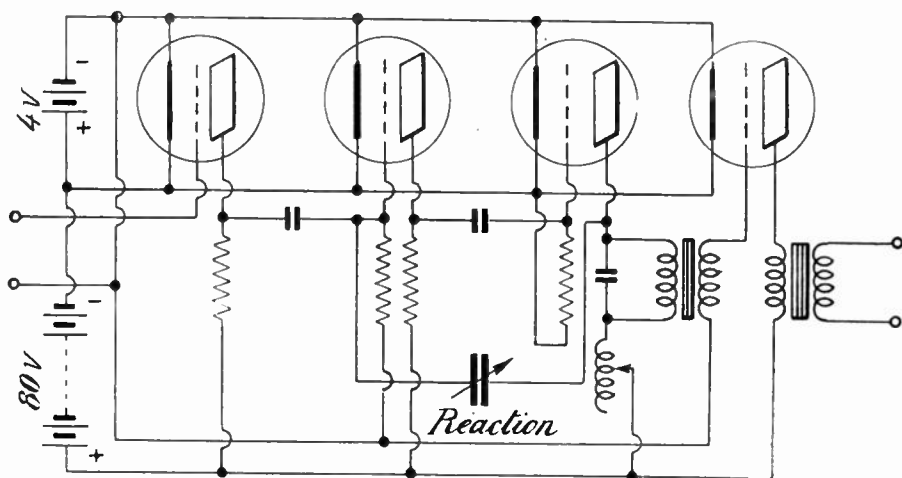


Fig. 7.

l'accrochage par augmentation de la réaction. On voit de suite son infériorité dans ce cas. Comme les ondes entretenues s'accrochent sur une longueur d'onde sensiblement égale à celle du circuit oscillant secondaire $L_2 C$, on n'obtient en général de variation de la note de modulation que par un désaccord de ce circuit.

Le réglage de la syntonie et celui de la hauteur du son sont donc confondus. De plus, aux grandes longueurs d'onde, le désaccord peut devenir très important et diminuer par suite d'une façon prohibitive l'intensité de la réception ;

b) Par capacité. Ce procédé, introduit par M. Brillouin dans les amplificateurs à résistance, tout en se prêtant presque aussi bien que le précédent au renforcement des ondes amorties, lui est nettement supérieur pour la réception des ondes entretenues. L'amorçage se fait sur une longueur d'onde un peu différente de celle du circuit oscil-

lant et, l'accord étant obtenu, on peut séparément régler la note de modulation par variation de la capacité de réaction. Toutefois, cette note reste encore sous la dépendance du désaccord du circuit oscillant $L_2 C$.

Il est facile de réaliser l'indépendance absolue des deux réglages en question. Il suffit d'exclure complètement la première lampe du cycle de réaction.

Le schéma de la figure 5 indique à titre d'exemple l'une des nombreuses dispositions que l'on peut employer dans ce but. Elles reviennent toutes à monter une ou plusieurs lampes du relais en hétérodyne, à l'exclusion bien entendu de la première.

Nous avons pu vérifier expérimentalement les propriétés de ce montage. L'hétérodyne établie à la hâte ne convenait que pour une gamme limitée de longueurs d'onde (de 2 000 à 5 000 mètres environ). Mais, dans cet intervalle, outre l'indépendance complète des deux réglages, nous avons pu constater que l'intensité des signaux était aussi forte qu'avec le montage décrit au paragraphe a) et réalisé précédemment sur le même appareil. Comme ce dernier montage englobait dans le cycle de réaction 3 lampes haute fréquence, tandis que le nouveau n'en possédait que deux, il nous semble qu'il y a là une confirmation des idées énoncées au chapitre 2 à savoir que, dans un amplificateur à plusieurs lampes haute fréquence, on ne diminue pas le rendement maximum de l'appareil en effectuant la réaction sur une partie seulement de l'ensemble des lampes haute fréquence.

Il s'agissait, il est vrai, de la réception d'ondes entretenues, alors que le chapitre 2 ne traite que celle des ondes amorties ou modulées. Mais on voit aisément que tous les raisonnements relatifs à la limite A d'augmentation de l'amplification par réaction, s'appliquent aussi bien, qu'il s'agisse de la réception des ondes amorties au voisinage et au-dessous de l'amorçage ou bien de la réception des ondes entretenues au voisinage et au-dessus de l'amorçage. Le facteur A est proportionnel à l'intensité maxima des ondes entretenues amorcées dans l'appareil, laquelle ne dépend que de la puissance maxima d'émission d'une lampe dans ses conditions d'emploi.

Signalons pour terminer que M. Brillouin (*Les amplificateurs à résistance : l'Onde Électrique*, janvier et février 1922, n^{os} 1 et 2) avait déjà réalisé des montages de réaction semblables à celui de la figure 5.

L. DUBAR.

gré la très faible énergie dont il disposait alors, par M. Motte, à Amiens, ce qui est un résultat remarquable. L'antenne est comme toujours fort petite, mais très soignée. La prise de terre d'abord constituée par un ruban métallique enterré sous une plate-bande fréquemment arrosée, a été grandement améliorée par l'adjonction de treillage métallique enterré sous de l'herbe humide. L'addition d'un contre-poids important en fil d'aluminium n'a pas donné d'amélioration appréciable. Le poste de transmission comprend une lampe de cent watts dont le filament est alimenté par des accumulateurs et la plaque par une petite dynamo haute tension. Un cadre avec détecteur à galène situé dans la pièce voisine permet de se rendre compte si la modulation est bonne.

Le récepteur est ce qui m'a le plus intéressé dans ce poste. L'accord est obtenu au moyen de bobines honeycombs. L'amplificateur, entièrement construit par Mrs Spence, comprend trois étages d'amplification haute fréquence avec réaction électro-statique, une lampe détectrice et deux étages d'amplification basse fréquence. La liaison entre les lampes d'amplification haute fréquence est obtenue par des transformateurs dont le primaire est accordé ainsi que l'indique le schéma fig. 1, où, pour simplifier, les deux premières lampes de l'appareil ont seules été indiquées. La batterie haute tension a été également supprimée. On remarquera qu'un potentiomètre règle avec une grande précision la tension de grille des lampes d'amplification haute fréquence et que les filaments, qui doivent fonctionner sous quatre volts, sont alimentés par une batterie de six volts dont un rhéostat règle le débit. Les transformateurs sont constitués par une pièce circulaire en ébonite ayant à peu près les dimensions d'une pièce de dix centimes, mais d'une épaisseur environ trois fois plus grande. Une gorge est pratiquée autour de ce disque, et c'est dans cette gorge que sont faits les enroulements primaires et secondaires. Ces deux enroulements sont faits simultanément en bobinant ensemble deux fils isolés. Les extrémités des deux enroulements sont soudées à des broches de lampe, de sorte que tout le transformateur se monte instantanément dans un suport de lampe disposé pour le recevoir. Ces transformateurs ne couvrent qu'une gamme de longueurs d'onde, il est donc nécessaire de pouvoir les changer rapidement. La détection et l'amplification basse fréquence ne présentent pas de particularités spéciales. Ce récepteur est extrêmement sensible, mais son réglage est très délicat; il y a cinq circuits oscillants à accorder, et sur petites ondes il suffit d'un désaccord de quelques mètres sur l'un quelconque des circuits pour que la réception soit impossible; de plus, il faut sur-

veiller minutieusement les réglages des filaments, des grilles et de la réaction pour éviter les accrochages et obtenir le maximum d'amplification. Une hétérodyne séparée est employée pour la réception des ondes entretenues.

La fig. 2 représente 21/2. A gauche l'amplificateur avec les trois condensateurs pour l'accord des transformateurs, les trois rhéostats de chauffage et le potentiomètre; on aperçoit même dans le haut et à gauche de l'appareil les trois transformateurs. A droite de l'amplificateur est l'hétérodyne, puis un haut-parleur et un casque Brown. Enfin, tout à fait à droite, le poste d'émission.

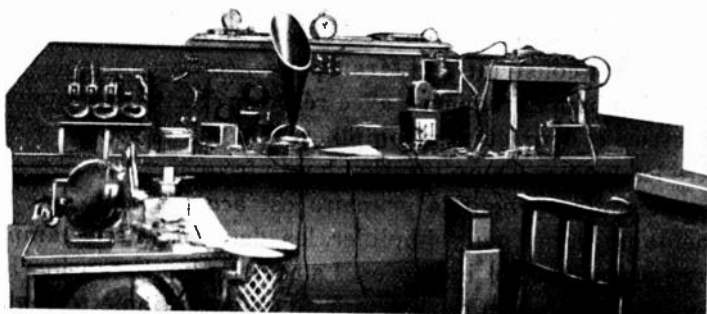


Fig. 2.

Mr. Spence me fit entendre à deux reprises la téléphonie de FL. A 12 h 15 elle était excellente, et dans le haut-parleur on pouvait la comprendre dans tout l'étage; mais à 18 h 10 elle était entièrement couverte par de violents parasites qui venaient de faire brusquement leur apparition.

A 23 heures, j'étais de retour à Aberdeen que je quittais le lendemain 23 août pour Glasgow.

Jeudi 24 août. Parti de bonne heure de Glasgow, j'ai fait aujourd'hui une superbe excursion dans les montagnes d'Ecosse et sur leurs admirables lacs. Pas de télégraphie sans fil pour la première fois depuis mon départ, mais je suis arrivé à Edimbourg à 20 heures et je compte bien me rattraper demain dans cette grande ville qui compte d'excellents amateurs!

Vendredi 25 août. J'ai été reçu aujourd'hui de la façon la plus aimable par Mr. Winkler, secrétaire de la « Edimbourg and District Radio Society ». Le poste de Mr. Winkler, 2TF, n'emploie qu'une dizaine de watts à l'émission; il est pourtant reçu parfaitement en téléphonie à

une vingtaine de kilomètres avec très peu d'amplification. Mr. Winkler s'occupe surtout de réception et obtient d'excellents résultats. Comme presque tous les amateurs anglais, il emploie l'amplification haute fréquence. Nous passons un bon moment à écouter sur 600 mètres et cela fait plaisir d'entendre les étincelles familières des postes côtiers français qui percent à de fréquentes reprises le brouillage local. Mais ce qu'il y a de plus intéressant à 2TF, c'est l'enregistreur. Mr. Winkler a imaginé et construit un enregistreur qui inscrit au moyen d'un siphon : c'est un « onduleur » dont les bandes ressemblent en tous points à celles employées commercialement presque partout maintenant pour la réception à grande vitesse. L'appareil est peu coûteux à construire et présente le plus grand intérêt pour les amateurs d'enregistrement.

Samedi 26 août. C'est aujourd'hui que je quitte l'Angleterre. Parti d'Edimbourg vers 10 heures, j'arrive à Hull à 18 h 15, et le « Jervaulx Abbey » lève l'ancre pour Rotterdam un quart d'heure plus tard. Le poste de télégraphie sans fil est un Marconi d'un quart de kilowatt en tous points analogue au demi-kilowatt, mais avec des dimensions beaucoup plus restreintes : la réception se fait sur détecteur à carborandum. Nous entendons dans la soirée FFB et FFH, mais le règlement est formel, le trafic doit être transmis à la station la plus proche et le radio que j'envoie en France passe par l'Angleterre.

Dimanche 27 août. A midi précis, j'arrive à Rotterdam après une excellente traversée et je prends aussitôt le train électrique qui me mène à la Haye après une heure de trajet à travers de riantes campagnes où les moulins à vent mettent une note pittoresque.

A 15 heures je suis à PCGG où Mr. Idzerda me reçoit de la façon la plus charmante. PCGG s'enorgueillit à juste titre d'avoir été la première station en Europe à transmettre régulièrement des concerts. En effet, depuis trois ans, la musique de la Haye est reçue tous les dimanches et tous les jeudis par de très nombreux postes d'amateurs, surtout en Angleterre. L'antenne de PCGG est une nappe de trois fils d'une cinquantaine de mètres de longueur à environ quinze mètres au-dessus du sol. Les lampes d'émission sont de grosses lampes Philips de 250-500 watts. Des filaments sont alimentés en parallèle par une dynamo qui débite sur une batterie tampon de six éléments et le courant-plaque est fourni par deux dynamos de mille volts en série. Suivant la puissance désirée, on emploie deux, trois ou quatre lampes oscillantes. Le système de modulation est un système spécial sur lequel Mr. Idzerda ne veut donner aucun renseignement. Il est contenu dans une petite boîte dont le couvercle en ébonite porte une manette

et des plots et peut, paraît-il, être connecté « en un point quelconque du circuit oscillant de grille ». Suivant le plot sur lequel se trouve la manette, la modulation est plus ou moins intense ainsi que j'ai pu m'en rendre compte en écoutant sur un récepteur voisin. | En tous cas, ce mystérieux système fonctionne très bien et supprime l'emploi de toutes lampes, même simplement amplificatrices, autres que des lampes oscillantes. Plusieurs microphones peuvent être connectés au poste de transmission. L'un d'eux est placé à portée de la main de l'opérateur qui surveille le fonctionnement du poste, un second est disposé en face d'un phonographe dont il permet de transmettre la musique et le troisième, installé dans la salle de concert qui se trouve à un étage inférieur, est placé au fond d'un énorme pavillon en carton de près de quatre mètres de longueur et d'un mètre cinquante d'ouverture. C'est en face de ce pavillon que se placent les artistes et leur position relative a, paraît-il, une importance très grande sur la qualité de l'émission. Les excellents résultats actuels n'ont été obtenus que grâce à de longs mois d'essais méthodiques. Vers le milieu de la séance de l'après-midi, Mr. Idzerda me demande de dire quelques mots par radio et j'ai ainsi l'occasion d'adresser un dernier « au revoir » à tous les amateurs de Grande-Bretagne qui m'ont si aimablement reçu. Pendant et après le concert j'ai le loisir d'examiner en détail les appareils de réception fabriqués par la Nederlandsche Radio Industrie. Ce matériel est d'une construction absolument hors ligne. Les appareils comprennent généralement une lampe d'amplification haute fréquence, une lampe détectrice et une lampe d'amplification basse fréquence. Toutes les lampes sont des Philipps. Les enroulements des selfs sont faits selon un principe spécial, et le soin le plus minutieux est pris pour assurer le maximum de sensibilité des appareils. Le seul défaut de ce matériel est qu'il est extrêmement cher pour nous autres Français qui devons payer le florin cinq francs !

Lundi 28 août. Aujourd'hui, j'ai rendu visite à Mr. Corver, l'un des amateurs hollandais les plus distingués. Mr. Corver, auteur d'un livre bien connu en Hollande et s'occupant de la publication d'une revue de télégraphie sans fil, me fait voir différents appareils très ingénieux qu'il a construits : l'un d'eux permet de mesurer le coefficient d'amplification des lampes et un autre la capacité des condensateurs. Mais ce qui m'intéresse le plus dans le poste de Mr. Corver, ce sont les lampes à quatre électrodes. Les lampes à deux grilles sont très employées en Hollande. Leur principal avantage est de fonctionner avec une tension de plaque très faible, huit à dix volts environ. La fig. 3 représente le montage en réaction d'une de ces lampes.

Le soir je quitte la Haye pour Amsterdam.

Mardi 29 août. J'ai passé toute la journée à bord d'un petit vapeur d'excursion qui, naviguant tantôt sur les canaux, tantôt sur le Zuidersee, m'a permis d'avoir un aperçu de la pittoresque campagne hollandaise. Le soir, je me rends à Bruxelles.

Mercredi 30 août. J'ai eu ce matin le plaisir de faire la connaissance de Mr. de Brandner, président du Cercle belge d'études radio-télégraphiques. Mr. de Brandner me dit combien il regrette d'avoir dû repousser à l'année prochaine le Congrès international d'amateurs que son groupement avait pris l'initiative de convoquer. Certaines associations étrangères ne lui ayant pas envoyé à temps les rensei-

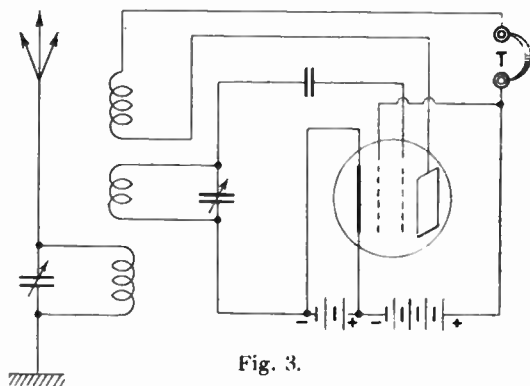


Fig. 3.

gnements nécessaires, il lui a été impossible d'agir autrement. Mais il espère que l'année prochaine le Congrès international sera un succès. Mr. de Brandner a un joli poste de réception qu'il a en grande partie construit lui-même et sur lequel il me fit entendre en haut-parleur le bulletin météorologique téléphoné par FL à 12 h 15.

L'après-midi, je rends visite à Mr. Danseaux, un amateur qui construit des appareils de toute beauté; il me fait entendre en haut-parleur, à 17 heures, l'excellent concert de FL.

Mon voyage est maintenant terminé, et je rentre en France le lendemain.

Conclusion.

Avant de terminer cet article, quelques remarques générales s'imposent pour résumer les observations que j'ai faites au cours de ce voyage et pour permettre d'en tirer tout le profit possible.

L'un des faits qui m'a le plus frappé est le développement considérable qu'a pris la télégraphie sans fil privée en Angleterre et en Ecosse. On ne peut guère se promener plus de cinq minutes dans les rues de Londres ou d'Edimbourg sans voir au moins une antenne. Si

nous recherchons les causes de ce développement, nous les trouvons surtout dans le fait que la transmission est autorisée en Grande-Bretagne depuis plusieurs années; nous les trouvons aussi dans le fait que les émissions téléphoniques régulières et d'intérêt général de la Haye ont accru dans une grande proportion le nombre des postes récepteurs; nous les trouvons enfin dans le fait que les projets d'ouverture de services réguliers de « broadcasting » dans différentes villes de Grande-Bretagne ont attiré l'attention du public. Ce développement est profitable à tous : les commerçants et industriels y trouvent leur profit, et les amateurs ont, du fait du développement de ce commerce, la possibilité de se procurer facilement tous appareils et pièces détachées dont ils ont besoin. Le résultat final est que les chercheurs voient leurs travaux grandement facilités et qu'il est ainsi plus facile de réaliser de nouveaux progrès.

En général, j'ai remarqué que les amateurs de Grande-Bretagne soignent beaucoup plus leurs installations que nous ne le faisons d'ordinaire. Ils sont aussi très favorisés par leur latitude septentrionale, et le peu de parasites que j'y ai entendus en plein mois d'août m'a beaucoup surpris.

L'amplification à haute fréquence sur courtes longueurs d'onde semble donner d'excellents résultats et être moins difficile à réaliser qu'on ne le croit généralement ici; nous avons beaucoup à faire dans cette voie.

Les amateurs britanniques emploient toujours pour le chauffage de leurs lampes de réception, des batteries d'accumulateurs de trois éléments et règlent minutieusement l'intensité du courant de filament par un rhéostat; j'ai l'impression que c'est là une très bonne pratique qui permet d'obtenir le maximum de sensibilité de ses lampes en compensant la chute de tension qui se produit dans les fils qui vont des accumulateurs aux appareils de réception.

La question de l'antenne et de la terre mérite plus d'attention que nous ne lui en accordons généralement.

Enfin les portées considérables réalisées par nos camarades d'outre-Manche avec des puissances minimes doivent nous permettre tous les espoirs avec les cent watts dont nous pouvons disposer; c'est surtout une question de soins à l'émission comme à la réception.

En terminant ces lignes je tiens à adresser mes remerciements les plus sincères à tous les amateurs étrangers qui m'ont si aimablement reçu et à exprimer le vœu que bientôt nous puissions tous communiquer régulièrement par télégraphie sans fil.

Léon DELOY.

ANALYSES ET BIBLIOGRAPHIE ⁽¹⁾

PROPAGATION

Une courte histoire de Télégraphie sans fil; E. THOMSON. *Electrician*, t. LXXXIX, n° 2308, p. 148, 11 août 1922. — L'auteur critique l'explication donnée des grandes portées par la couche d'Heaviside. Un peu de réflexion montrerait, dit-il, que cette couche, pour produire les effets qu'on lui attribue, devrait être de nature à ne pas se laisser pénétrer et à réfléchir les ondes sans permettre les interférences entre elles et les ondes directes, ce qui est impossible. Il pense que les théories mathématiques sont vraies en elles-mêmes, mais qu'elles s'appuient sur de fausses prémisses. Il rappelle la théorie qu'il a exposée depuis de nombreuses années, suivant laquelle les ondes suivent la terre comme elles suivent un conducteur dans la haute-fréquence sur ligne. Cette théorie de la « gliding wave », sur laquelle il ne donne aucun détail, expliquerait facilement les très grandes portées obtenues en télégraphie sans fil. — My.

Au sujet de la transmission par la terre, des ondes de télégraphie sans fil; O. LODGE. *Electrician*, t. LXXXIX, n° 2310, pages 206-207, 25 août 1922. — Depuis longtemps, on a remarqué que les conducteurs sont suivis par les ondes; mais la couche de gaz à faible pression existe certainement; la nuit, cette couche doit avoir une surface unie. Les phénomènes observés au moment du lever et du

coucher du soleil montrent bien que l'atmosphère est en jeu.

L'auteur pense qu'il ne faut pas être dogmatique, mais il lui semble hors de doute que :

a) Il existe dans la haute atmosphère une couche conductrice;

b) Une telle couche apporte, certainement, une aide importante aux transmissions lointaines;

c) Sans elle, l'effet du soleil est inexplicable. — My.

Correspondance. Preuves de l'existence de la couche d'Heaviside; ECKERSLEY. *Electrician*, tome LXXXIX, n° 2311, pages 242-243, 1^{er} septembre 1922. — L'auteur cite une série de faits et d'observations tendant à prouver l'existence de la couche conductrice de la haute atmosphère.

Il arrive que des signaux soient parfaitement reçus dans une station et qu'ils restent tout à fait imperceptibles dans une autre située entre la première et l'émetteur. (Transmission des ondes électriques autour de la surface du globe. *Radio-Review*, vol. I, février 1920, p. 238.)

La nuit, il arrive fréquemment que les signaux s'évanouissent momentanément (fading). (*Proc. Inst. Radio Engineers*, déc. 1916, p. 511.)

La théorie de la diffraction des ondes à la surface de la terre a été traitée par de nombreux savants. Les derniers calculs, tout à fait au point, sont dus à Watson.

En les appliquant à la station de Carnarvon on trouve pour force élec-

(1) L'analyse des revues concernant la radiotélégraphie est assurée par les soins de MM. BERGERON, capitaine au centre radiotélégraphique de la Tour Eiffel (analyses signées Be); BION, capitaine de corvette (analyses signées Bi); CLAVIER, ingénieur à l'établissement central du matériel de la Radiotélégraphie militaire (analyses signées C.); JOCAUST, ingénieur électricien, professeur à la section de radiotélégraphie de l'Ecole supérieure d'Electricité (analyses signées J.); MESNY, professeur d'hydrographie (analyses signées My); METZ, capitaine à l'établissement central de la Radiotélégraphie militaire (analyses signées Mz); commandant PÉRIER, de l'artillerie coloniale (analyses signées Pr); PLANIOL, ingénieur E. S. E. (analyses signées Pl); RIVET, ingénieur E. S. E. (analyses signées R.) Ces analyses sont classées par rubrique suivant le sujet auquel elles se rapportent.

tromotrice par mètre à 2.500 kilomètres
 $19,5 \frac{21}{m}$ alors que les mesures donnent
 142.

L'auteur rappelle encore les travaux qu'il a faits sur cette question, mesures et calculs (*Radio-Review*, vol. 2, p. 394, 1921).

Il cite ensuite les travaux de Schuster (*Phil. Trans. Roy. Soc.*, 1907, vol. 208, p. 182) et de Chapman (*Journ. of Inst. El. Eng.*, oct. 1920, p. 209) sur les variations des éléments magnétiques et les tempêtes magnétiques; puis les recherches de Karl Stormer et du Prof. Birkland sur les aurores (*Terrestrial Magn. and Elect.*, mars et sept. 1917) qui arrivent aux mêmes conclusions.

Enfin, lord Rayleigh a montré que l'efficacité d'une couche conductrice peut être considérable, même quand le gradient de conductivité est modéré. — My.

Notes sur la télégraphie sans fil; HOWE. *Electrician*, tome LXXXIX, n° 2312, page 260, 8 septembre 1922. — L'auteur considère Elihu Thomson comme ayant écrit sans réflexion et combat ses arguments. Il plaisante la « gliding wave ». Est-ce un simple nom? Dans le cas contraire, où a-t-elle été étudiée? Par qui? Quels sont les résultats de cette étude? — My.

Correspondance; SCHUSTER. *Electrician*, tome LXXXIX, n° 2314, p. 325, 22 septembre. — Ses expériences et ses investigations mathématiques complétées par Chapman montrent que certaines régions de l'atmosphère doivent être considérées comme conductrices, mais cette conductivité lui semble insuffisante pour expliquer la courbure des rayons électromagnétiques. Les observations magnétiques sont tout à fait d'accord avec une conductivité plus grande des couches élevées, mais elles ne donnent de renseignement que sur les parties de l'atmosphère qui sont en mouvement et les couches très conductrices sont certainement à une hauteur supérieure à celle où le mouvement est appréciable. Il pense que le soleil doit avoir un fort pouvoir ionisant.

Remarques supplémentaires sur la télégraphie sans fil; ELIHU THOMSON. *Electrician*, tome LXXXIX, n° 2317, page 412, 13 octobre 1922. — Il ne conteste pas l'existence de la couche d'Heaviside, mais seulement sa capacité de courber les rayons électromagnétiques. Ceux-ci doivent, au contraire, être courbés d'une manière très certaine s'ils proviennent de ce qu'il appelle des « demi-ondes hertziennes » (half hertzian waves) se propageant sur une surface conductrice comme celle de la terre. Lui-même d'ailleurs a utilisé cette couche dans une conférence faite sur les aurores en 1916.

Il examine le cas d'une antenne verticale placée quelque part sur une sphère de cuivre et émettant des « demi-ondes hertziennes ». Les lignes de force électrique émanant de l'antenne vont aboutir sur la sphère et leurs pieds s'y déplacent avec la vitesse de la lumière. Il existe, naturellement, des zones successives de polarités inverses et les lignes de force se courbent de l'une à l'autre de ces zones. Les variations du champ électrique donnent naturellement lieu à un champ magnétique.

Ce sont les conditions bien connues pour les ondes se déplaçant le long d'un conducteur et les arches formées par les lignes de force sont d'autant plus basses que les ondes sont plus courtes.

Quant à l'atmosphère, son action se fait sentir par les ions qui y sont contenus et qui affaiblissent les transmissions, comme il l'a expliqué en 1913. (*Report of the Smithsonian Institution for 1913*, pp. 243-260.)

Les changements qui se produisent au coucher du soleil sont si spontanés qu'ils ne sauraient être dus aux modifications d'une couche élevée. — My.

MESURES

Mesures de capacités sur des antennes réduites; ROBERT ETTE-REICH. *Jahrbuch der drahtlosen tele-*

graphie, Band 20, Heft 3, page 180.

— L'auteur se propose d'étudier la capacité statique des antennes du type des antennes de navire en opérant sur des modèles très réduits (au maximum 60 cm de longueur).

Dans ces modèles la prise de terre est remplacée par une plaque métallique de 1 m 80 de côté.

Le dispositif de mesure est représenté par la figure 1 où I est un circuit oscillant relié en *a b c* à une lampe à 3 électrodes, II est un circuit comprenant la capacité à étudier et une self L_2 couplée en couplage très lâche avec le circuit I, III est un circuit apériodique à détecteur donnant par la déviation du galvanomètre G la mesure de l'effet de I sur III. Quand le circuit I

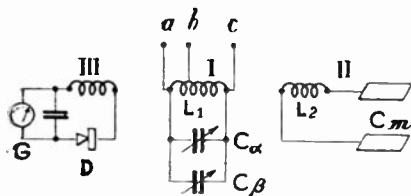


Fig. 1.

est en résonance avec le circuit II, ce dernier consomme de l'énergie empruntée au circuit I et le galvanomètre du circuit III donne une déviation minima. On apprécie très exactement la résonance. En remplaçant le modèle d'antenne dont on veut mesurer la capacité statique par un véritable condensateur (l'auteur considère des antennes dont la longueur d'onde de travail est, en général, notablement supérieure à la longueur d'onde fondamentale), on vérifie que la relation entre la capacité à mesurer dans le circuit II et l'ensemble des capacités du circuit I est bien linéaire.

Des mesures faites, l'auteur tire un certain nombre de conséquences et de formules que nous allons donner ci-dessous :

1° Quand les deux armatures du condensateur *m* de la figure 1 sont à des distances variables (à condition que cette distance ne devienne pas trop petite), la capacité se compose de

deux parties : 1° Une capacité fixe que l'auteur appelle capacité de fuite *S* et qui correspond à la capacité de l'ensemble des armatures du condensateur supposées seules dans l'espace, 2° une

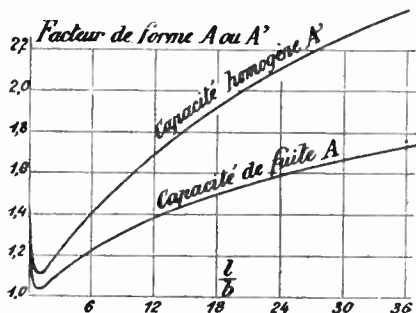


Fig. 2.

capacité variable avec la distance de ces armatures et inversement proportionnelle à cette distance. L'auteur appelle cette capacité la capacité homogène II. Cette dernière se calcule comme dans un condensateur ordinaire, mais la surface à considérer n'est pas la surface de l'armature à cause de l'effet des bords. Cette surface est à affecter d'un coefficient supérieur à 1 qui est minimum pour un condensateur à armature circulaire ;

2° Si la deuxième armature du condensateur du circuit II est remplacée par une plaque conductrice indéfinie, la capacité de fuite est doublée, la capacité homogène reste sans changement ;

3° Si l'armature du condensateur au lieu d'être circulaire est rectangulaire, ce qui sera le cas pour la capacité constituée par une antenne de navire, les capacités *S* et II sont affectées de coefficients *A* et *A'* appelés facteurs de forme et donnés par les courbes de la figure 2. Les abscisses de ces courbes sont le rapport $\frac{l}{b}$ de la longueur de l'antenne à sa largeur ;

4° Pour passer d'une armature de condensateur à un modèle réduit d'antenne de navire, l'auteur remplace l'armature pleine par un treillis de fils de plus en plus écartés. Il constate que

la capacité, qui croît rapidement au début quand on multiplie le nombre de fils, atteint assez vite une valeur de saturation voisine de la valeur qu'elle prend pour une armature pleine.

Il appelle facteur de remplissage (füllfaktor) le rapport entre la capacité correspondant à un dispositif à fils genre antenne de navire et celle qui correspond à une armature pleine.

Ce facteur de remplissage s'approche plus rapidement de 1 pour la capacité de fuite (facteur B) que pour la capacité homogène (facteur B'). Les figures 3 et 4 donnent la valeur de ces facteurs B et B' en fonction de la densité des fils, cette densité étant définie

par la quantité $n\sqrt{\frac{l}{b}}$ (n nombre de fils,

l et b longueur et largeur de l'antenne). Ces facteurs B et B' sont indépendants de la forme de l'antenne. Ils ne le sont pas du diamètre du fil, les différentes courbes des figures 3 et 4 correspondent pour une même surface d'antenne à des diamètres de fil différents. Le chiffre placé à côté de chaque courbe donne le rapport du côté du carré qui aurait même surface que l'antenne au

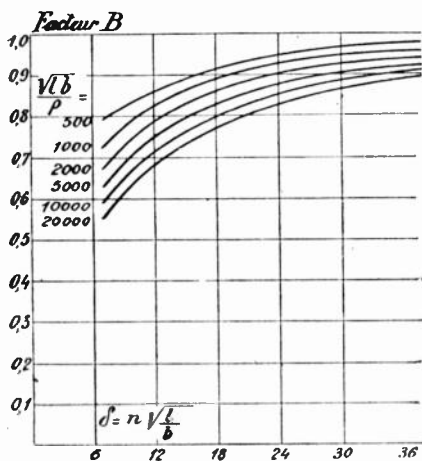


Fig. 3.

rayon de chaque fil de cette antenne ;

5° L'auteur ayant ainsi défini les

coefficients A, A', B et B', donne les formules permettant de calculer la capacité d'une antenne rectangulaire type navire (non compris la descente d'antenne). Ces formules sont les suivantes :

$$C = A \cdot B \cdot \frac{2}{\pi} \sqrt{\frac{lb}{\pi}} + A' B' \frac{lb}{4\pi h}$$

ou encore

$$C_{em} = 0,36 A \cdot B \sqrt{\frac{l_{em} b_{em}}{\pi}} + 0,079 A' B' \frac{l_{em} b_{em}}{h_{em}}$$

l , b et h représentent la longueur, la largeur et la hauteur de l'antenne exprimée en centimètres. Pour exprimer C en microfarads, diviser par $9 \cdot 10^3$:

6° L'auteur donne, pour terminer, quelques applications de ces formules, il montre que pour une antenne de

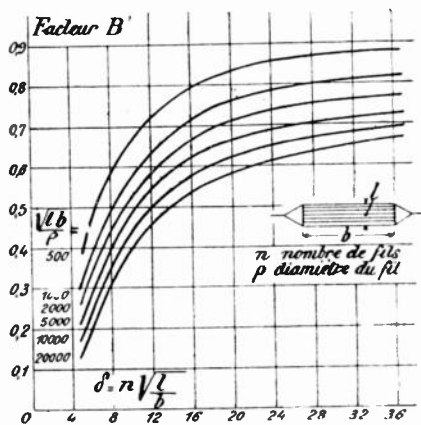


Fig. 4.

40 mètres par 3 formée de 4 fils de 2 millimètres de diamètre à 25 mètres de hauteur, la capacité totale est de 478 centimètres dont 439 centimètres pour la capacité de fuite. La formule permet de se rendre compte également du nombre de fils donnant une capacité d'antenne qui soit un pourcentage donné de la capacité maxima qui correspondrait à une armature entière-

ment métallique ayant la surface de l'antenne. Le tableau ci-dessous donne pour l'exemple ci-dessus (antenne de 40 sur 3), le nombre de fils nécessaires pour que la capacité soit les 80 ou 90 pour cent de la capacité maxima possible pour différentes hauteurs de l'antenne :

Hauteur de l'antenne en mètres	5	10	20	40	60	100	∞
Nombre de fils corres- pondant à une capaci- té égale à 80 % de la capacité maxima . . .	7	6	5	5	5	4	4
Nombre de fils corres- pondant à une capaci- té égale à 90 % de la capacité maxima . . .	18	14	12	10	10	9	9

7° L'auteur rapproche de sa formule d'autres formules précédemment données pour le calcul des capacités d'antenne. Ces formules sont les suivantes :

a) Formule de la Telefunken (pour l'antenne type navire) $C = \frac{l(b+2h)}{4\pi h}$

formule qui n'est exacte que si l est approximativement quintuple de h .

Si $\frac{l}{h} > 5$ les chiffres sont trop importants, trop faibles dans le cas contraire.

b) Formule d'Austin :

$$C_{em} = \left(0,36 \sqrt{lb} + 0,080 \frac{lb}{h} \right) \times \left(1 + 0,015 \frac{l}{b} \right)$$

(h, l, b exprimés en cm).

Les valeurs obtenues à l'aide de cette formule sont un peu faibles en général, sauf dans le cas d'antennes à fils très peu nombreux.

c) Formule de Howe (que l'auteur signale en très bon accord avec ses résultats d'expérience).

$$C_{em} = \frac{0,5 \pi l}{n \left(\log \frac{n-1}{b} - 0,31 \cdot E \right) + \log \frac{b}{(n-1)^2} - B}$$

E et B sont des quantités données par des courbes que Howe a insérées dans ses articles de l'*Electrician* dont ci-dessous les références (n° 73, pages 859, 906, année 1914; n° 75, page 870, année 1915; n° 77, pages 761, 880, année 1916). — M.

MONTAGES ET TOURS DE MAIN

Note sur la super-réaction.

M. Fromy, ingénieur E. S. E., 48, rue de Vaugirard, nous fait part comme il suit de ses essais d'un système super-régénérateur à une lampe :

Parmi les schémas indiqués par M. Armstrong dans sa très intéressante conférence, celui qui nécessite le moins de lampes en utilise cependant deux.

Il est possible de réduire encore ce nombre et d'obtenir un bon résultat en ne faisant usage que d'une seule lampe qui fonctionne à la fois comme réceptrice, modulatrice et détectrice.

Un montage qui donne satisfaction est celui que représente le schéma ci-contre :

Dans ce schéma :

C_1 est le circuit oscillant à haute fréquence réglé sur les ondes à recevoir.

C_2 est le circuit hétérodyne modulateur.

C est un condensateur variable qui permet de régler simultanément les conditions d'accrochage des deux circuits hétérodynes comme nous le verrons plus loin.

La source E peut avoir une valeur quelconque. Le fonctionnement sem-

Il convient de donner à ce condensateur une capacité d'une dizaine de microfarads.

La figure 3 représente le schéma de montage d'un amplificateur actionnant un téléphone haut parleur. — J.

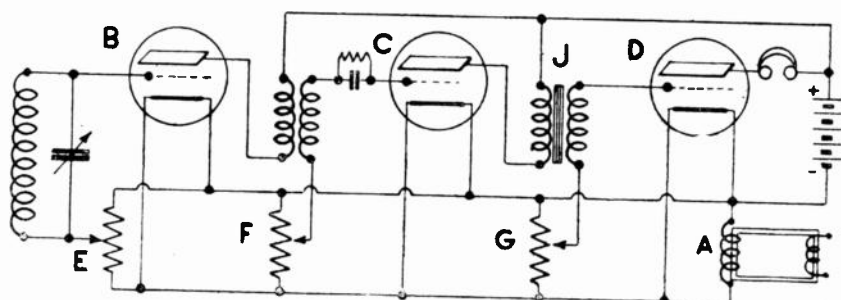


Fig. 1.

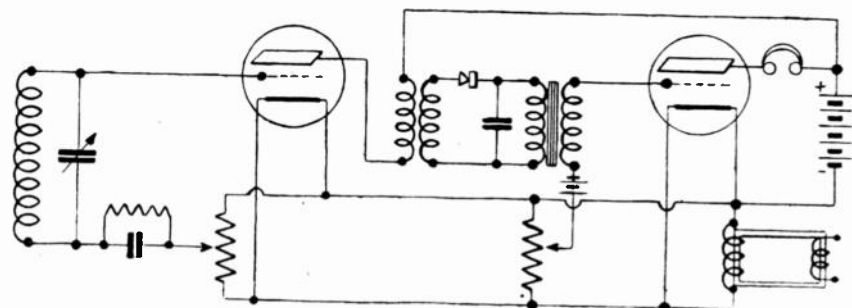


Fig. 2.

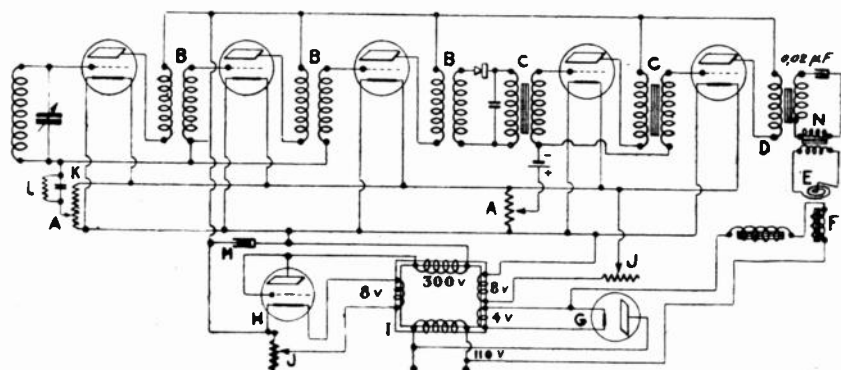


Fig. 3.

A Resistances d'équilibrage.

B Transformateurs H. F.

C Transformateurs B. F.

D Transformateur téléphonique.

E Armature du haut-parleur.

F Electro du haut-parleur.

G Rectificateur tungar.

H Redresseur de tension-plaque.

I Transformateur du courant alternatif d'alimentation.

J Rhoïstat placé sur les filaments.

K Condensateur de $1 \mu F$.

L Résistance de 2Ω .

M Condensateur adoucesseur de $10 \mu F$.

N Transformateur abaisseur pour le haut-parleur.

CORRESPONDANCE & AVIS

Émissions radiotéléphoniques de l'École supérieure des P. T. T.

Le « Broadcasting français » vient de s'enrichir d'un nouveau poste d'émission.

L'École supérieure des Postes et Télégraphes que dirige M. Dennerly, inspecteur général des P. T. T., a entrepris depuis quelques jours des émissions radiotéléphoniques absolument remarquables tant par leur netteté que par le choix et la variété du programme.

Des émissions régulières auront lieu les jours ci-après :

Mardi, de 20 à 22 heures.

Jeudi, de 20 à 22 heures.

Samedi, de 16 h 30 à 19 heures.

En dehors de ces séances, d'autres émissions auront lieu qui seront annoncées en temps voulu dans la presse quotidienne.

Réception à Tunis de la Tour F L en téléphonie.

On annonce de Tunis que les radioconcerts et les avis météorologiques de la Tour sont parfaitement entendus avec un dispositif récepteur à 4 lampes installé en pleine ville et une antenne à 4 fils de 80 mètres de long soutenue à une extrémité par un mât de 35 mètres.

Tunis est à 1.600 kilomètres de Paris à vol d'oiseau.

Émission de radiotéléphonie américaine.

La grande station américaine de Bamberger (WOR) compte, pour la fin de janvier, tenter des émissions de téléphonie à destination de l'Europe. Le programme, des plus attrayants, sera successivement chanté en français, en italien et en anglais. C'est l'artiste américaine, Miss Bennett, qui a été choisie, pour exécuter ce programme,

sa voix de soprano, ayant, nous dit-on, des qualités toutes particulières pour la radiotéléphonie.

Indicatifs entendus.

M. Deloy nous signale avoir reçu au 31 décembre 1922 les postes suivants :

Français :

8AG, 8LBC, 8DF.

Britanniques :

(2FQ), (2OM), 2CV, (2ON), 2DM, 2JZ, (2KF), (2OD), 2FP, (2XI), (2AW), 2LG, 5MS, 2KV, 2NM, 5WS, 9AN, (2MM), 2SH, 2JF.

Américains :

1ARY, 2KL, 1BDI, 1BGF, 8AQO, 1BCG, 8MZ, 1YK, 8BSY, 8AW, 1SOK, 8CYH, WUBA.

Dans chaque nationalité, les indicatifs sont rangés par ordre chronologique de leur première réception et ceux entre parenthèses sont ceux avec lesquels une communication bilatérale a été établie.

Demandes

Ancien officier radiotélégraphiste de la Marine marchande (1^{re} classe), ancien sous-officier du 8^e génie, cherche emploi technique ou commercial dans la T. S. F.

Adresser offres au secrétariat de la S. A. T. S. F.

Ingénieur E. S. E. spécialisé T. S. F., ancien sergent radiotélégraphiste, cherche emploi dans la radio, de préférence laboratoire.

Adresser offres au secrétariat de la S. A. T. S. F.

M. E. Vandezande, à Wimille (Pas-de-Calais), désire entrer en relation avec M. Barel, de Bordeaux, auteur de la communication insérée dans *l'Onde Electrique* n° 10.